

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Fundada en 1551

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

E.A.P DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Eficiencia de la flota de cerco en función a la distribución espacial de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) entre 1998 y el 2001.

TESIS para optar el Título Profesional de: BIÓLOGO con mención en Biología Pesquera

AUTOR

ENRIQUE DÍAZ ACUÑA

LIMA -PERÚ 2005

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Mg. Sc. Sophie Bertrand (Profesional de IRD francés) y Mg. Sc. Marco Espino Sánchez (Director de Asuntos Científicos y Ambientales del Instituto Antártico Peruano) por su valiosa conducción en la elaboración de la presente Tesis. Del mismo modo al INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ en las personas de la Blga. Marilú Bouchon Corrales (Encargada de la Unidad de Investigaciones en Dinámica de Poblaciones), Blgo. Miguel Niquen Carranza (Director de Investigaciones en Recursos Pelágicos - Nerítico y Oceánicos), ambos responsables del Proyecto Bitácoras de Pesca, e Ing. Pesq. Mariano Gutiérrez (encargado de la Unidad de Tecnologías de Detección) por la facilitación de información e importantes sugerencias. Quiero hacer extensivo mi agradecimiento a todos y cada uno de los profesionales integrantes del Proyecto Bitácoras de Pesca por su riesgosa y sacrificada labor en la obtención de la información básica.

A Dios y mi Madre, las razones de mi vida. A mis maestros Marco, Miguel y Sophie, en el orden en que aparecieron frente a mí para enseñarme que el que quiere, puede. A Nathaly y Alex, mis amigos de siempre, para siempre.

A los Bitacoreros, quienes día a día arriesgan su vida para hacernos entender los secretos del Mar.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN/ABSTRACT | 6 |
| I. INTRODUCCIÓN | 7 |
| II. ANTECEDENTES | 11 |
| II.1. DEL PEZ | 11 |
| II.2. DEL PESCADOR | 12 |
| II.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA | 13 |
| II.2.2. COMPORTAMIENTO ESPACIAL | 15 |
| II.2.3. ESFUERZO PESQUERO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO | 17 |
| II.3. DE LA INTERACCIÓN PEZ – PESCADOR | 18 |
| III. MATERIAL Y MÉTODOS | 21 |
| III.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RECURSO | 21 |
| III.2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA FLOTA | 24 |
| III.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA | 24 |
| III.2.2 COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA FLOTA | 25 |
| III.2.3. ESFUERZO PESQUERO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO | 26 |
| III.2.4. INTERACCIÓN FLOTA – RECURSO | 27 |
| IV. RESULTADOS | 29 |
| IV.1. ESTADO DEL RECURSO | 29 |
| IV.2. ESTADO DE LA FLOTA | 30 |
| IV.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA | 30 |
| IV.2.2. COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA FLOTA | 31 |
| IV.2.3. ESFUERZO PESQUERO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO | 32 |
| IV.2.4. INTERACCIÓN FLOTA – RECURSO | 33 |
| V. DISCUSIÓN | 35 |
| VI. CONCLUSIONES | 50 |
| VII. RECOMENDACIONES | 52 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |
| IX. TABLAS | 58 |
| X. FIGURAS | 65 |

RESUMEN

*La evaluación de la interacción pez - pescador permite plantear una mejor interpretación de la naturaleza de la relación entre la CPUE y la abundancia de las poblaciones explotadas. El objetivo principal, en el mediano plazo, es la validación de este índice pesquero como indicador de abundancia o densidad de stocks económicamente importantes. Su menor costo y mayor cobertura en escalas de espacio y tiempo son algunas de sus ventajas. Se expresó por lo tanto, de manera cuantitativa y sintética, el estado de cada uno de los componentes de la interacción Población de Anchoqueta (*Engraulis ringens*) - Flota Industrial de Cerco. En cuanto al recurso los indicadores del estado de la población de anchoqueta Energía Acústica promedio (S_{A+}), Desviación Estándar de la Energía Acústica ($ds S_{A+}$) e Índice de Agregación Espacial (IAE) son propuestos como complemento a los regularmente usados Biomasa (B), Superficie de Distribución (S) y Densidad (D). En cuanto a la flota, tres tipos de embarcaciones pesqueras fueron identificadas de acuerdo a características de construcción y operatividad, mientras que sus eficiencias fueron expresadas en función a variables técnicas, de tiempo y cobertura espacial. En cuanto a la interacción, la manera de ocupación del espacio por parte del pez, fue una variable determinante para la interpretación de las diferencias en los niveles de eficiencia entre grupos y probó ser más influyente que las relacionadas al poder de pesca de cada uno de ellos. Sin embargo la interpretación no fue absoluta, estuvo estrechamente relacionada al nivel o escala espacial de observación (stock, agregaciones y cardúmenes). En la práctica este nivel va a depender de la pregunta científica a responder.*

ABSTRACT

Assessment of fish – fishermen interaction allows a better interpretation of CPUE and exploited fish population relationship. The mid-term aim is to validate this fishing index as an abundance or density fish stock index. Lower cost and larger covering in space – time scales are some advantages. Therefore, state of each one of components in Anchoqueta Population – Purse Seine Fleet interaction were expressed in a quantitative and synthetic way. Related to anchoqueta, indexes of state of the population like Mean Acoustic Back – Scattered Energy by the surface unit (S_{A+}), Standard Deviation of S_A ($ds S_{A+}$) and Spatial Aggregation Index (IAE) were proposed as complement to the regularly used indexes Biomass (B), Stock Range (S) and Density (D). Related to purse seine fleet, three types of fishing vessels were identified according to construction and operations characteristics. Efficiency was expressed using technical, time and space variables. Related to interaction the way fish occupied the space was decisive to interpret differences in efficiency between groups and tested to be most important than fishing power differences in each group. However, the interpretation was not absolute at all. It was closely related to level or space scale observation (stock, patchiness and schools). In practice this level will depend on the scientific question to respond.

I. INTRODUCCIÓN

Desde los anales de la evaluación de las poblaciones de peces marinos muchas de las entidades de investigación y manejo de pesquerías en el mundo entero han usado y usan la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) como un índice medidor de la abundancia de las poblaciones (Large, 1992; Vignaux, 1996; Fréon & Misund, 1999; Harley *et al.*, 2001; Petitgas *et al.*, 2003; Salthaug & Aanes, 2003).

El tipo de relación que existe entre la CPUE y la abundancia se basa en la tradicional asunción, propuesta por Fox (1974), de que la captura total (C) dividida entre el esfuerzo total (f) durante un periodo de tiempo (t) es directamente proporcional a la abundancia poblacional promedio a través de un factor conocido como coeficiente de capturabilidad (q), o lo mismo que $CPUE_t = qB_t$ (modelo lineal) o $CPUE_t = qB_t^\beta$ (modelo exponencial) (Harley *et al.*, 2001).

Sin embargo, en una población de peces, para que esta relación se cumpla, q , definida como la proporción capturada de una población de peces por unidad de esfuerzo o como la eficiencia de las embarcaciones pesqueras (Hillborn & Walters, 1992), tendría que ser constante en el tiempo o tendría que tener un patrón de cambio definido y en todo caso independiente de la abundancia absoluta del stock (Csirke, 1990a).

Esto no resulta tan sencillo, ya que q , está definida por la interacción pez - pescador (Hillborn & Walters, 1992; Hancock *et al.*, 1995). Es decir por la interacción entre sus patrones de distribución y comportamiento. Por ejemplo

Laurec & Le Guen (1981) definen q como la disponibilidad (componente que proviene del pez) más la eficiencia (componente que proviene del pescador). A su vez, la disponibilidad está definida por otros dos componentes, la accesibilidad (si es que el pez está presente o no) y la vulnerabilidad (si el pez presente es capturable o no).

Entonces, la complejidad de esta interacción hace que en muchos casos q sea en la práctica no constante entre periodos de tiempo y consecuentemente la relación entre la CPUE y la abundancia de una población deja de ser directa (Vignaux, 1996; Salthaug & Aanes, 2003). Fenómenos conocidos como Hiperestabilidad (cuando la CPUE se mantiene alta mientras la biomasa disminuye) e Hiperdepleción (cuando la CPUE disminuye mientras la abundancia se mantiene alta) son consecuencia directa de esta complejidad (Harley *et al.*, 2001).

En cuanto al primer componente de la interacción, el pez, existen dos ejemplos muy representativos en los que cambios en los patrones espaciales de distribución y comportamiento agregativo hicieron que q deje de ser constante en el tiempo y que por lo tanto la CPUE y abundancia no fueran directamente proporcionales. El primero: el bacalao del norte (*Gadus morhua*), explotado en aguas de Newfoundland, Canadá. El incremento en los niveles de CPUE durante los primeros años de la década de 1990, respondió a la necesidad del recurso, como parte de su comportamiento, a mantener una densidad constante, al verse sometido a una fuerte tasa de explotación y consecuente reducción de su población. Lamentablemente los altos valores de CPUE fueron interpretados de manera errónea como un incremento en la abundancia. El resultado: el colapso de su pesquería (Rose & Kulka; 1999). El segundo: la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). A inicios de la década de 1970, una fuerte modificación en las condiciones ambientales (El Niño 1972 - 1973) devino en una drástica disminución en el tamaño de su hábitat (aguas costeras frías). La consecuente concentración espacial del recurso, combinada con altas tasas de explotación resultó en un incremento temporal y ficticio de la CPUE. Esto fue malinterpretado, más por los administradores que por los científicos

como un excelente estado de la población. El resultado: el colapso de su pesquería (Csirke, 1990a).

En cuanto al segundo componente de la interacción, el pescador (o flota), un problema mayor con el uso de la CPUE en la evaluación de las poblaciones, es que las embarcaciones pesqueras, por obvias razones, buscan directamente las mejores concentraciones de peces en vez de hacerlo aleatoriamente en toda el área de distribución. Entonces q puede ser interpretada sólo como una función de la eficiencia de estas embarcaciones en encontrar tales agregaciones y no en función del nivel real de abundancia y agregación (Salthaug & Aanes, 2003). Por otro lado el intercambio de información entre pescadores (que derivará en una búsqueda menos aleatoria) (Hilborn & Walters, 1992), las mejoras en el poder de pesca de las flotas (las mismas que han cambiado considerablemente en tamaño, composición y desarrollo durante las últimas décadas), cambios en la habilidad de los patrones de pesca e incluso las regulaciones propias del manejo de recursos (cuotas de captura, vedas, etc.) son susceptibles de tener algún efecto sobre q (Large, 1992).

Una pesquería como la de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), con un promedio anual de desembarques de aproximadamente 7 millones de toneladas (Ñiquen *et. al.*, 2000), cuenta con un amplio e intensivo sistema de monitoreo, capaz de generar series de tiempo de alta calidad de parámetros biológicos y poblacionales. La información base para tal efecto proviene de las prospecciones acústicas (1 a 4 al año) y de la estadística pesquera comercial (monitoreo diario). Ambas fuentes de información constituyen herramientas muy útiles para fines de evaluación y manejo y son capaces de expresar sintéticamente tanto el estado del recurso como el desenvolvimiento de la flota. La primera permite caracterizar el estado de la población. La segunda el desenvolvimiento de la flota, aunque debería, a partir del uso de la CPUE por ejemplo, expresar también de manera apropiada el estado de la población. De las dos la información pesquera tiende a ser más usada, debido no sólo a su relativamente bajo costo sino también a su mayor cobertura en espacio y tiempo. Sin embargo, como ya se mencionó, la extrapolación de sus resultados a la población entera es muy discutida.

Caracterizar entonces el estado de la población de anchoveta (a partir de la información acústica), y el desenvolvimiento de la flota cerquera (a partir de la estadística pesquera), mediante la formulación de índices sintéticos descriptores y posteriormente evaluar su interacción, permitirá una mejor interpretación de la naturaleza de la relación entre la CPUE (o tasa de captura o eficiencia o como se exprese la razón entre la captura y el esfuerzo) y la abundancia. Ignorar por ejemplo la configuración espacial de la población al estimar la abundancia a partir de información de captura y esfuerzo pesquero (CPUE), podría resultar en errores sustanciales en la toma de decisiones (Pelletier & Magal, 1996). Esto cobra mayor importancia en un ecosistema, como el Ecosistema de Afloramiento Peruano, que mantiene una de las pesquerías más grandes del mundo (FAO, 2000) y en donde la *normalidad* es la variabilidad (Espino, 2003).

En este contexto, la presente tesis tiene como objetivo principal describir los patrones de distribución espacial, comportamiento gregario y niveles de eficiencia de la flota de cerco (pescador) en función a la distribución espacial de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) (pez) desde 1998 al 2001. Y como objetivos específicos para el mismo periodo: 1) Proponer índices sintéticos descriptores para caracterizar los patrones de distribución, comportamiento agregativo y abundancia de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), 2) Caracterizar la flota, su comportamiento espacial y cuantificar su eficiencia y 3) Evaluar la interacción pez – pescador mediante la interpretación del desenvolvimiento de la flota en función al estado del recurso.

II. ANTECEDENTES

II.1. DEL PEZ.

Hoy en día, el objetivo principal del manejo de recursos es asegurar que éstos sean sustentables. La evaluación de poblaciones de peces surgió como una necesidad para generar herramientas cuantitativas de apoyo a las decisiones propias de este proceso. Su origen se remonta a la Europa de fines del siglo XIX, luego de un largo debate para esclarecer si las causas de las fluctuaciones en la abundancia de los stocks habían sido naturales o habían estado relacionadas a la pesquería (Fréon & Misund, 1999). Desde ese momento muchos métodos (directos e indirectos) y modelos (holísticos y estructurales) han sido propuestos para evaluar poblaciones de peces de casi todas las comunidades marinas (pelágicas, demersales, batipelágicas, etc.). Sin embargo la utilidad o grado de éxito han estado ligadas no sólo a la calidad de la información base, a partir de la cual se realiza la evaluación sino también al criterio de los evaluadores y administradores (Sparre & Venema, 1997).

Así tenemos que por ejemplo, en el contexto global, desde 1987 hasta la actualidad el IFREMER (Instituto Francés para la Exploración del Mar, por sus siglas en francés) utiliza solo como uno de sus métodos “Cruceros de Arrastre de Fondo”, con el objetivo de evaluar y cartografiar las poblaciones comercialmente importantes de peces marinos demersales y bentónicos en los fondos del Mar Céltico (Petitgas *et al.*, 2003). Por otra parte, Vignaux (1996) menciona que el stock del económicamente importante pez demersal *hoki* (*Macruronus novaezelandiae*) distribuido en aguas de Nueva Zelanda es evaluado usando tres índices. Una serie de tiempo de cruceros de arrastre

llevados a cabo en las áreas de alimentación (región subantártica), una serie de tiempo de cruceros acústicos en el área de desove (que coincide con el área de explotación) y una serie de tiempo de índices de CPUE estandarizados proveniente de la estadística pesquera comercial. Las tres estimaciones son usadas en Modelos de Reducción de Stocks para evaluar la biomasa real y la biomasa virgen antes de dar inicio a la pesquería.

En el contexto sudamericano Sepúlveda *et al.*, (2003) resume los métodos directos e indirectos que son usados en la evaluación de los stocks de los principales recursos pelágicos en Chile. Mientras que Hancock *et al.* (1995) en su intento de describir el comportamiento de la flota pesquera del jurel (*Trachurus murphyi*), utilizó las ecosondas comerciales de las embarcaciones cerqueras de la zona centro – sur de Chile, para caracterizar los cardúmenes capturados o no por un agrupamiento de embarcaciones. Profundidad, tamaño (superficie en m²), tipo (en función al tamaño) y presencia (número de cardúmenes por unidad de observación) fueron utilizados como indicadores de disponibilidad y abundancia.

En el Perú, durante la década de 1970, los estimados de CPUE fueron usados como indicadores de abundancia de anchoveta (*Engraulis ringens*) en la implementación de los Modelos de Producción Excedentaria (Imarpe, 1970; Imarpe, 1972; Imarpe, 1973; Imarpe, 1974). Desde inicios de la década de 1980 y hasta la actualidad el Instituto del Mar del Perú ha llevado a cabo cruceros de evaluación acústica de la población de anchoveta con el objetivo de cuantificar la biomasa y definir su área de distribución. Por otro lado, desde finales de la misma década el uso de programas computarizados como el ELEFAN I y ELEFAN III, ayudaron a estimar algunos parámetros biológicos y poblacionales de la anchoveta (Palomares *et al.*, 1987; Pauly *et al.*, 1987). Actualmente todos los métodos y modelos mencionados y algunos otros más forman la base para la evaluación de los stocks de anchoveta (Espino & Wosnitza-Mendo, 1984a, Espino & Wosnitza-Mendo, 1984b, Espino *et al.*, 1995).

II.2. DEL PESCADOR.

El mayor problema con el manejo de las pesquerías no está necesariamente ligado a un entendimiento limitado de la biología de los stocks explotados o de algunos factores externos como “El Niño”, sino más bien al limitado entendimiento del comportamiento de los pescadores (Hilborn, 1985), y la manera en que ellos enfrentan las regulaciones (Sampson, 1991). Mientras que Hilborn & Walters (1992) sostienen que sería “tonto” estudiar solo a la presa (recurso) en un sistema predador – presa, como lo es una pesquería en desarrollo, dejando de lado el entendimiento de los procesos básicos que determinan la dinámica del predador (pescador).

La mayoría de investigaciones destinadas a entender el comportamiento de los pescadores se han basado en observaciones directas o deducibles de las decisiones tomadas por ellos durante el desarrollo de una pesquería (a escala macro) o más específicamente durante un viaje, sea este exitoso o no (a pequeña escala). Los enfoques pueden ser diversos. A continuación serán descritos algunos antecedentes de investigaciones relacionados con el comportamiento del pescador enmarcados dentro de los objetivos de la presente tesis.

II.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA.

Una flota pesquera puede caracterizarse en función del recurso o recursos sobre los que actúa, de las características de construcción y operatividad, de las estrategias de pesca, aparejos que emplea y áreas de operación y de muchas otras variables ya sea de manera independiente o en su conjunto. Cada subconjunto identificado puede tener impactos diferenciados sobre el stock (Shepherd, 2003). Mientras que para los métodos de evaluación que utilizan la información pesquera como fuente, lograr estimados biológicos o poblacionales únicos a partir de una gama de subconjuntos de embarcaciones ha constituido desde siempre un reto.

Por ejemplo el saithe (*Pollachius virens*) un gadiforme demersal ampliamente distribuido en el Atlántico noreste y de mediana importancia económica, es

pescado en aguas de Escocia por flotas de ese país y de Francia. Durante la época de desove, incide sobre este stock una flota denominada industrial, cuyas capturas constituyen el 80% de la explotación. Pero el saithe es también pescado durante gran parte del año por una flota de barcos más pequeños, de menor autonomía y cuya área de operaciones es más cercana a la costa (Pelletier, 1996).

La flota arrastrera francesa que opera en el Mar Céltico ha sido clasificada de acuerdo al tipo de actividad pesquera o *métier* (demersal, langostinero y béntico) que realiza. Esta fue definida a partir de un espectro de especies objetivo sobre la que incide cada embarcación y a partir de un rango espacial de operaciones (Petitgas *et al.*, 2003).

La flota pesquera que labora en aguas de Nueva Inglaterra (Estados Unidos) es muy diversa en cuanto a tamaño, diseño y estrategia de pesca. Suele operar con diferentes tipos de aparejo como redes de enmalle, palangres y arrastreras con puertas (otter trawlers). No tiene por lo tanto especies objetivo bien definidas. Puede incidir sobre especies demersales, pero cuando esta pesquería se ve afectada por alguna regulación suele dirigirse a especies pelágicas e incluso a algunos invertebrados (Holland & Sutinen, 1999).

Para enfrentar los problemas derivados del intento de caracterización de una flota tan diversa, un enfoque más moderno y complejo fue desarrollado por Ulrich & Andersen (2004). Basados en el concepto de Dinámica de Flotas (que evoluciona desde la visión de evaluación y manejo de una o más especies al de evaluación y manejo de una o más pesquerías) los autores lograron caracterizar la compleja y diversa actividad pesquera danesa. A partir de una amplia gama de prácticas pesqueras (en términos de tipos de red, áreas de pesca y especies blanco) y de flexibilidad operacional (cambio de prácticas pesqueras en el tiempo) más la estadística multivariada, pudieron identificar 54 tipos de pesquerías y 23 grupos de embarcaciones pesqueras. En cuanto a la dinámica de estos agrupamientos demostraron que existió cierta estabilidad en la elección de una pesquería principal y una gran flexibilidad en la elección de

pesquerías secundarias, incluso cuando la posibilidad de un cambio de redes y áreas de pesca se tornó real.

En Perú la flota pesquera de anchoveta, es muy homogénea en cuanto al tipo de arte que utiliza, ya que opera casi exclusivamente con red de cerco, y en cuanto a diseño (purse seine). Pero es heterogénea en cuanto a tamaño y capacidad de explotación. En función a esto ha sido clasificada en flota artesanal (< 30 m³ de capacidad de bodega) e industrial (> 30 m³). Mientras que este último grupo, que representa casi la totalidad de la explotación, ha sido categorizada empíricamente en diferentes estratos de capacidad de bodega de aproximadamente 100 m³ de amplitud (Bouchon, *et. al.*, 2000).

II.2.2. COMPORTAMIENTO ESPACIAL.

Cambios en la configuración espacial de las flotas (distribución espacial, nivel de agregación, distancia al puerto de origen, etc.) responden en la misma medida a cambios en la biología de la o las especies objetivo como a factores económicos o a regulaciones propias del manejo (Holland & Sutinen, 1999). Sistemas muy sofisticados, como los VMS (sistemas de monitoreo de embarcaciones por sus siglas en inglés) y otros un poco más tradicionales, como los programas de observadores a bordo, permiten cartografiar de manera muy precisa (con ayuda del sistema de posicionamiento global – GPS) y en tiempo real la distribución espacial del esfuerzo pesquero y ayudan además a entender las estrategias de trabajo.

Hancock *et al.* (1995) por ejemplo, establecieron que las embarcaciones *cerqueras* que pescan jurel (*Trachurus murphyi*) en la zona centro – sur de Chile, lo hacen en grupos de 3 a 14 embarcaciones, con una distancia de separación de 0.6 a 0.9 mn entre ellos, lo que representó a su vez un área de cobertura de 0.4 a 4.5 mn². Esta estrategia respondió al hecho de que para ellos fue más fácil encontrar cardúmenes *rentables* cuando se buscó en grupo que cuando se intentó hacerlo de manera independiente. Así mismo el tamaño del grupo también estuvo definido por el mismo principio. Para una embarcación que recién arribó a la zona de pesca fue más fácil encontrar

cardúmenes pescables donde ya habían embarcaciones pescando. El umbral de la incorporación al grupo estuvo en función del tamaño de la agregación de cardúmenes.

Por otro lado, Salthaug & Aanes (2003) propusieron dos índices para cuantificar la cobertura espacial (Índice de Extensión Espacial) y el nivel de agregación (Índice de Agregación Espacial) de las embarcaciones de la flota pesquera del bacalao del norte (*Gadus morhua*) en el Mar de Noruega. Recurriendo a bitácoras llenadas por los capitanes de todas las embarcaciones pudieron entender que los cambios en la dinámica de desplazamiento y agregación de esta flota en escalas de tiempo anual sufrieron importantes variaciones en relación directa con los cambios en la abundancia. En una escala estacional, si bien existieron fluctuaciones estas fueron casi constantes entre años. Los resultados luego fueron usados en investigaciones relacionados a q .

Campbell & Hand (1999) modelaron la dinámica espacial de la flota estadounidense de cerco de la pesquería de atún del Pacífico Oeste. Para esto utilizaron un Modelo Bioeconómico de Elección Cualitativa de áreas de pesca. Este utiliza como variables iniciales, registradas en bitácoras, la composición por especies, los días de operación y el número de operaciones de pesca. El producto final es la información base para la elección de la mejor zona de pesca. Sus componentes son: la información de pesca compartida de manera extensiva (suficiente como para que algunas embarcaciones tomen decisiones en función a registros de tasas de capturas de otras embarcaciones), la TSM (por su relación con el IOS) y la intensidad de búsqueda en un área localizada. Como consecuencia directa el movimiento de esta flota se tornó relativamente predecible.

En Perú, solo se ha trabajado la distribución espacial de la flota y de manera parcial. En la década de 1970 y hasta inicios de la de 1980 a partir de un programa de observadores a bordo (Proyecto Bitácoras de Pesca) (Csirke, 1990b). La ubicación de las operaciones de pesca era declarada por todos los patrones de los barcos a la usanza antigua, es decir tomando como referencia

el *tiempo* de distancia al puerto más cercano. El programa fue suspendido hasta que se reinstauró en 1996. A partir de entonces y hasta la actualidad la información de distribución del esfuerzo pesquero es reportada exactamente georeferenciada, con ayuda del GPS de los navegadores (Ñiquen & Díaz, 2001). Un poco después, en 1998 se implementó el VMS Sistema Satelital de Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras ARGOS. Aunque su uso no se ha extendido al total de embarcaciones (aunque se tiene planificado lograr esta meta en el más breve plazo posible) la información desprendida de este es de mucha utilidad para fines de evaluación, manejo y control de las principales pesquerías en el país.

II.2.3. ESFUERZO PESQUERO Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO.

Los índices de esfuerzo pesquero no solo han servido para intentar expresar de la mejor manera posible la mortalidad por pesca, sino también como indicadores económicos del desenvolvimiento de la actividad. Uno de los principales problemas que enfrentan los evaluadores es que el esfuerzo pesquero puede ser ejercido por tipos distintos de embarcaciones, con diferentes aparejos, operando en diferentes áreas y con diferentes estrategias, además de las innovaciones tecnológicas que harían que el poder de pesca y eficiencia de una misma embarcación ya no sea la misma en dos momentos diferentes. Por lo tanto proponer un único valor de esfuerzo por unidad de tiempo que refleje la mortalidad por pesca amerita un importante gasto de energía y tiempo (Hilborn & Walters, 1992). Sin embargo el uso más recurrente que se hace del esfuerzo pesquero es la formulación de índices de CPUE como indicadores de la abundancia de un stock o de densidades locales. Por ejemplo Hancock *et al.* (1995) estimaron una CPUE de jurel (*Trachurus murphyi*) pero espacializada. Esta fue estimada independientemente para varios agrupamientos de embarcaciones pescando, es decir sobre agregaciones de cardúmenes ya detectados. El esfuerzo fue medido como la sumatoria del tiempo de búsqueda de cardúmenes empleado por todas las embarcaciones pescando en cada grupo. Sin embargo reconoció que este índice no era un buen referente de la abundancia de todo el stock ya que el comportamiento gregario de las embarcaciones hizo que el esfuerzo aplicado

no haya estado uniformemente distribuido en toda el espacio habitado por el pez. Entonces a cada punto de muestreo la CPUE fue artificialmente alta ya que las embarcaciones pescaron solo donde estuvieron las mejores agregaciones.

Sin embargo Salthaug & Aanes (2003) mejoraron el entendimiento de la relación entre CPUE y abundancia al ajustar el índice (captura por hora de arrastre) propuesto para el bacalao del norte (*Gadus morhua*) con indicadores del comportamiento espacial de la flota pesquera en el Mar de Noruega. Este proceso se basó en la relación directa que existió entre la formación de agregaciones de embarcaciones y el éxito de encontrar áreas con altas densidades de peces. Como consecuencia este éxito determinaría la proporción capturable de un stock, es decir q . Propusieron por lo tanto que ajustar la CPUE con un índice promedio de concentración de la flota, la relación entre este índice y la abundancia de stocks de peces migratorios sería más estrecha.

En Perú la CPUE más usada en los modelos de producción excedentaria en la década de 1970 fue la captura por TRB – viaje. A partir de este se dio recomendaciones para la administración. Sin embargo ya desde entonces se especuló acerca de que esta unidad de esfuerzo empleada (nominal) no reflejó un real incremento en el esfuerzo total aplicado cuando la abundancia fue baja (Csirke, 1990a). El Proyecto Bitácoras de Pesca, permitió superar este inconveniente al coleccionar medidas de esfuerzo efectivo y además provee hasta la actualidad estimados de CPUE espacializada. Sin embargo el uso de esta CPUE como indicadores de abundancia aún está en discusión (Csirke, 1990b; Bouchon *et al.*, 2000; Ñiquen & Díaz, 2001).

II.3. DE LA INTERACCIÓN PEZ - PESCADOR.

No existen muchos trabajos que intenten explicar el comportamiento del pescador en función de la configuración espacial del recurso o recursos sobre los que actúa. Holland & Sutinen (1999) propusieron un modelo empírico de dinámica espacial de la flota arrastrera de New England (Estados Unidos) para

simular virtualmente la elección de ubicación de las operaciones de pesca sobre una configuración multiespecífica y multiárea también virtual. El modelo resultante fue usado para predecir la distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero. Pero además, los resultados pudieron ser actualizados tanto en función de las características y tamaño de la flota como de la biología y ecología de las especies objetivo y regulaciones.

Basados en la ventaja que tomarían los pescadores sobre una mayor disponibilidad de peces como consecuencia de los procesos biológicos inherentes a una población (por ejemplo concentración para reproducción), Pelletier & Magal (1996) propusieron un modelo para comparar abundancias y niveles de captura obtenidos bajo diferentes ubicaciones de esfuerzo pesquero. Este modelo simuló la dinámica de la pesquería del pez demersal saithe (*Pollachius virens*), en el oeste de Escocia durante la década de 1980, bajo cierta condición espacial de la población del pez.

Mackinson *et. al.*, (1997), propusieron que la interacción entre el comportamiento del pez y del pescador podrían resultar en un alarmante incremento en el riesgo de depleción de un stock. Esto como consecuencia de la necesidad de un stock, sometido a una fuerte tasa de explotación, de mantener cierta constancia en su densidad y a la necesidad de los pescadores de obtener los mejores beneficios, incluso a sabiendas de un bajo nivel de abundancia y riesgo de colapso. Incorporaron por lo tanto la variable *comportamiento económico* al modelo de capturabilidad denso – dependiente propuesto para la mayoría de peces que forman cardúmenes. Concluyeron por lo tanto que el factor económico es una fuerza importante que maneja la pesquería y que debería necesariamente ser incorporado en los modelos biológicos.

Finalmente Hancock *et al.* (1995) demostraron que las propiedades (profundidad, superficie y densidad) de los cardúmenes del jurel (*Trachurus murphyi*) de la zona centro sur de Chile, estimadas acústicamente, determinaron comportamientos de tipo crucero (pez no accesible, no vulnerable), búsqueda (pez accesible, no vulnerable) y ataque (pez accesible y

vulnerable) por parte de las embarcaciones pesqueras. A partir de estos resultados sugirieron algunas recomendaciones provisionales para mejorar la eficiencia de los pescadores.

III. MATERIAL Y MÉTODOS.

III. 1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL RECURSO.

La fuente de información considerada para la caracterización de la población de anchoveta es netamente acústica. Esta proviene de los cruceros que regularmente ejecuta el Instituto del Mar del Perú, en un número de uno a cuatro por año, para la evaluación de los principales recursos pesqueros. Se seleccionaron seis cruceros entre 1998 y el 2001: Cr. 9811-12 (23/11 al 23/12/98), Cr. 9911-12 (23/11 al 15/12/99), Cr. 0006-07 (08/06 al 06/07/00), Cr. 0010-11 (09/10 al 10/11/00), Cr. 0107-08 (02/07 al 09/08/01) y Cr. 0110-11 (02/10 al 13/11/01), los mismos que fueron realizados sincrónicamente con el desarrollo de la pesquería. Las embarcaciones utilizadas para tal efecto fueron los Buques de Investigación Científica HUMBOLDT y OLAYA. El diseño de cobertura fue estándar y constó de transectos paralelos entre sí pero perpendiculares a la línea de costa. Estos corrieron desde las 5 hasta las 100 millas náuticas (mn) de distancia y estuvieron unidos por inter – transectos que variaron entre las 12 y 15 mn.

Durante el desarrollo de cada crucero, la Energía acústica retro - difundida (s_A) de anchoveta, que es un índice de su abundancia, es registrada por cada unidad básica de muestreo (UBM, donde 1 UBM = 1 mn) por medio de una ecosonda científica SIMRAD EK-500 que trabajó a frecuencias de 38 y 120 Khz. Este equipo fue calibrado usando esferas de cobre de 23 y 60 mm de diámetro y de acuerdo a la metodología estándar (Foote *et al.*, 1987). La columna de agua fue muestreada hasta los 250 m de profundidad (con el 38 Khz.) y hasta los 500 m con el de 120 Khz. Como la cobertura espacial abarca

toda el área de distribución de la anchoveta, podemos asumir entonces que la evaluación es representativa de todo el stock.

A partir de esta información base se obtuvieron índices descriptores sintéticos del estado del stock por crucero. Estos son:

1. Biomasa (B), expresada como el peso en toneladas métricas (TM).
2. Superficie de distribución (S), expresada en km^2 .
3. Densidad (D), calculada como el cociente entre B y S (TM/km^2). Es teórica y su uso muy relativo. Es estimada asumiendo que la distribución de la biomasa es homogénea o lo mismo que decir que obtendríamos la misma B por cada unidad de superficie muestreada.
4. Energía acústica media (s_{A+}), calculada promediando los valores de s_A (Energía acústica retro-difundida por unidad básica de muestreo) diferentes de cero. Vendría a ser un índice de densidad localizada, es decir solo dónde el pez estuvo presente.
5. Desviación estándar de s_A (dss_A), que vendría a representar empíricamente la heterogeneidad de la distribución de la abundancia en los sitios donde el pez estuvo presente. A mayor desviación estándar los valores de s_A son mucho más dispares.

Pero como ningún pez ocupa homogéneamente su espacio (Csirke, 1989), se han propuesto varios índices para cuantificar justamente la manera en que ellos se reparten en toda su área de distribución. Estos han sido formulados a partir de la valoración de la dispersión geográfica (áreas ocupadas por ejemplo) de puntos medibles (número de peces por área o abundancia). Es decir ponderan la dispersión espacial al valor de cada punto de referencia. La representación gráfica de los mismos generalmente recae en histogramas de frecuencias acumuladas de tales valores versus sus correspondientes superficies ocupadas. Estos han sido propuestos bajo diferentes modalidades y con diferentes nombres pero con el mismo principio. Curvas de Lorenz (Myers & Cardigan, 1995), perfiles de concentración (Hilborn & Walters, 1992) y curvas de agregación geoestadística (Petitgas, 1998) son algunos de ellos. A partir de esta teoría se propone por lo tanto un índice de agregación espacial (IAE):

6. ÍNDICE DE AGREGACIÓN ESPACIAL (IAE). Fue estimado de la siguiente manera: se ordenó los valores de s_A (registrados por UBM) diferentes de cero de manera descendente y se procedió a estimar el s_A acumulado. Estos valores fueron luego expresados como fracción del s_A acumulado. Se procedió a agrupar y contabilizar el número de valores de s_A que correspondieron al 0,1 de UBM muestreados, al 0,2 y así hasta la unidad. Cuando se representó gráficamente (a manera de dispersión de puntos) la fracción de UBM (y) necesarias para contener la correspondiente fracción acumulada de s_A (x), se obtuvo la siguiente función exponencial (Ec. 1).

$$y = a * \exp^{bx} \dots (1)$$

Pero esta regresión fue fuertemente afectada por el gran número de UBM que contribuyeron en muy poca medida al s_A acumulado, por lo tanto se fijó el modelo exponencial al 90% del s_A acumulado.

De la ecuación (1) se calculó luego el índice de agregación espacial (IAE) al integrar la diferencia entre la función de identidad (aquella que corresponde teóricamente a una distribución homogénea) y cada función exponencial estimada (Bertrand *et al.*, 2004) (Ec. 2, Fig. 1).

$$IAE = \int_0^{0.9} x - a \exp(bx) dx \dots (2)$$

al resolver (2) tenemos...

$$IAE = \left[\frac{x^2}{2} - \frac{a}{b} \exp(bx) \right]_0^{0.9}$$

$$IAE = 0.405 + \frac{a}{b} (1 - \exp(0.9b))$$

III. 2. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA FLOTA.

III. 2. 1. CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA.

Para probar la existencia de *grupos de embarcaciones*, en función de las características de construcción y operatividad, dentro de la flota industrial de cerco (que representa casi la totalidad de desembarques de anchoveta), se realizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM). Para este propósito se utilizó el programa de estadística multivariada SPAD Versión 4.5 (*Sistema portátil para el análisis de datos* por sus siglas en francés). Esta prueba factorial se sustenta en una reducción de variables e identificación de grupos de individuos en función a la asociación entre estos y un conjunto de atributos previamente especificados por el investigador. Trabaja con variables discretas o nominales (Hair *et. al.*, 1999) y de acuerdo a la naturaleza de la base de datos de la flota industrial de cerco fue la prueba más recomendable para el objetivo de identificación. Esta base fue configurada a manera de matriz, donde ninguna fila o columna estuvo incompleta. Para esto se tuvo que reducir la población inicial de 1210 embarcaciones a 544. Pero por tratarse de variables categóricas, los resultados no estuvieron supeditados al número de casos por conjunto sino a las características alrededor de las cuales se agrupan los casos.

Por lo tanto se utilizó como variables nominales activas 1) el destino de la pesca, 2) la capacidad de bodega estratificada, 3) el sistema de refrigeración, 4) el año de construcción y 5) el material de construcción. Se creó un espacio multidimensional reducido y de manera complementaria se realizó un Análisis de Clasificación Jerárquica para identificar los posibles agrupamientos que minimizaran las diferencias intra – clase y maximizaron las diferencias inter – clase. Luego las siguientes variables nominales ilustrativas fueron proyectadas sobre este espacio factorial para una mejor interpretación de la naturaleza del agrupamiento: 1) el código de la embarcación, 2) el permiso de tamaño de malla y 3) el puerto de origen de la matrícula (Tabla 1).

III. 2. 2. COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA FLOTA.

Para cuantificar el comportamiento espacial de la flota de cerco se utilizó la información proveniente del Proyecto Bitácoras de Pesca (PBP). Esta constó del registro de todas las actividades realizadas por una embarcación desde el zarpe de puerto hasta su arribo, es decir durante un viaje de pesca. Para dar cumplimiento al presente objetivo, de la vasta cantidad de información generada por este programa, se utilizó únicamente el número de operaciones de pesca o *lances* realizados por viaje y la posición geográfica exacta de cada una de ellas. Esto fue posible gracias al GPS con el que cuenta cada navegador. Dos índices fueron propuestos: 1) la distancia promedio entre lances de un viaje (DEL), que es la distancia ortodrómica promedio (que toma en cuenta la disminución de la distancia entre dos meridianos mientras se acercan a los polos debido a la forma esférica de la tierra) de todos los lances por viaje (Ec. 3). Como en la tierra la distancia entre dos puntos no es una recta sino el arco formado por ambos, tenemos que la distancia (km) entre ellos es:

$$\text{Arc}(AB) = A \cos \left[\frac{\text{sen}(\text{LatA} \cdot \pi / 180) * \text{sen}(\text{LatB} \cdot \pi / 180) + \text{cos}(\text{LatA} \cdot \pi / 180) * \text{cos}(\text{LatB} \cdot \pi / 180) * \text{cos}((\text{LongA} - \text{LongB}) \cdot \pi / 180)}{\text{cos}(\text{LatB} \cdot \pi / 180) * \text{cos}((\text{LongA} - \text{LongB}) \cdot \pi / 180)} \right] * 60 / [\pi / 180]$$

donde A y B son las posiciones de dos lances consecutivos. Luego tenemos que la distancia promedio entre los lances de un viaje es:

$$\text{DEL} = \frac{1}{\text{Nd}_i} * \sum_{A,B} (\text{DEL}_{AB}) \dots (3)$$

donde Nd_i es el número de distancias a medir del viaje i y es estimado como $\text{Nd}_i = N(N-1)/2$, N el número de lances del viaje i y DEL_{AB} es la distancia entre dos lances consecutivos (Magnan, 2004),

y 2) la Inercia Espacial (I), que mide la dispersión espacial de cada una de las posiciones de los lances por viaje de pesca en relación al punto central o centro de gravedad de tal conjunto de datos (Ec. 4) (Grasland, 2004).

$$I = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (\text{Lat}_i - Y_0)^2 + (\text{Long}_i - X_0)^2 \dots (4)$$

donde N es el número de lances por viaje, Lat_i es la latitud del lance i , Y_0 es el promedio de latitudes de los lances del viaje i , $Long_i$ es la longitud del lance i , X_0 es el promedio de longitudes de los lances del viaje i .

III. 2. 3. ESFUERZO PESQUERO (f) Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE).

La fuente de información para la formulación de las unidades de f y sus correspondientes CPUE provino del PBP. Las unidades de f elegidas tuvieron la particularidad de ser efectivas. Son las que mejor reflejan posibles cambios en el f real desplegado por la flota de cerco (Csirke, 1990b). Estas fueron estimadas por viaje y son: 1) la duración del viaje (DV), que es el tiempo empleado desde el zarpe hasta el arribo a puerto, 2) el tiempo de búsqueda (TB), que es el tiempo total empleado en la búsqueda de cardúmenes susceptibles de ser pescados y 3) el número de lances (L), que es el número total de lances u operaciones de pesca, sean estas con captura o no. Para explorar si el comportamiento de la flota de cerco varió entre periodos de tiempo y entre embarcaciones, se realizó una prueba paramétrica de comparación de medias (One-way ANOVA) sobre los índices de f . Para tal efecto se utilizó el programa estadístico STATISTICA versión 6.0.

La formulación de las correspondientes CPUE no fue tan sencilla ya que el rango de capacidades de bodega muestreados no fue homogéneo para todos los periodos seleccionados. Peor aún, una correlación significativa entre esta variable y la captura por viaje ($r^2 = 0,257$, $p < 0.01$) fue evidente. Para minimizar el efecto de los niveles de captura como expresión de la capacidad de bodega, que a su vez fue representativa del tamaño de la embarcación y de su poder de pesca, se propuso trabajar con la razón entre la captura y la capacidad de bodega de la embarcación (como un índice de captura (IC)), en vez de la captura en sí. Fue la manera más simple de estandarizar el esfuerzo pesquero. Se obtuvieron por lo tanto las siguientes CPUE: 1) IC/DV, índice de captura por duración de viaje y 2) IC/TB, índice de captura por tiempo de búsqueda, como expresión de la eficiencia en función del tiempo, mientras que 3) IC/L, índice de captura por número de lances, fue interpretada como la eficiencia en función al

aspecto *técnico*. A ellos adicionamos: 4) IC/DEL, índice de captura por distancia entre lances y 5) IC/I, índice de captura por la inercia espacial, como expresión de la eficiencia en función del área cubierta.

Todos los índices de f y CPUE propuestos en su conjunto son descriptores de la manera de trabajo de la flota, es decir de su comportamiento.

III. 2. 4. INTERACCIÓN FLOTA - RECURSO.

Para visualizar gráficamente la variabilidad del comportamiento pesquero entre embarcaciones durante diferentes periodos de tiempo y entre embarcaciones para el mismo periodo, se superpuso la información de la ubicación de lances sobre la distribución del s_A de anchoveta. La elección de áreas y embarcaciones para tal comparación fue hecha teniendo en cuenta la necesidad de una cómoda interpretación de la imagen. Los mapas de distribución del s_A de anchoveta fueron construidos utilizando el programa de interpolación geográfica Surfer versión 8.0.

Para explorar empíricamente las posibles relaciones entre el comportamiento de la flota y la configuración espacial de la anchoveta se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta también es una prueba estadística multidimensional cuyo objetivo es resumir la información original (que generalmente es muy amplia) en una cantidad mínima de factores, que representen una proporción relativamente pequeña de la varianza total y que reflejen de la mejor manera que es lo que las variables iniciales comparten en común (Hair *et. al.*, 1999; Lebart *et. al.*, 2000). Para este propósito se utilizó el programa de estadística multivariada SPAD Versión 4.5.

En primer lugar se definió a los índices de CPUE (IC/DV, IC/TB, IC/L, IC/DEL, IC/I) como variables continuas activas, es decir aquellas que van a participar directamente en la construcción del espacio factorial. Pero como el IC/DEL e IC/I (indicadores de la eficiencia en función de la cobertura espacial) estuvieron significativamente correlacionadas, con el propósito de evitar la colinealidad, se decidió utilizar solo IC/I, ya que fue la variable más fácil de interpretar en

términos de área explorada por viaje de pesca. Como segundo paso, para identificar grupos consistentes de embarcaciones con comportamiento parecido, es decir que minimicen las diferencias intra – clase y maximicen las inter – clase, se realizó la prueba complementaria de Clasificación Jerárquica. Por último las variables ilustrativas, es decir aquellas que van a ayudar a la interpretación de las relaciones, fueron formuladas bajo dos modalidades: 1) continuas ilustrativas y 2) discretas o nominales ilustrativas. Dentro de las primeras se incluyó tanto al índice de captura (IC) como a las unidades de *f*. Dentro del segundo grupo se incluyó a los índices descriptores del recurso, pero no en su manera continua sino categorizadas. Así que de acuerdo a la distribución de los datos dentro del rango de cada variable se definieron tres modalidades: 1) bajo, 2) medio y 3) alto, para B, S, D, S_{A+} y dsS_A y 1) bajo y 2) alto para el IAE. Todas estas variables ilustrativas (continuas y nominales) fueron proyectadas en el espacio factorial creado (Tabla 2). Las potenciales correlaciones entre ellos y los posibles *tipos* de comportamiento de la flota fueron analizados a través del nivel de significancia de la prueba t – Student asociada a la Clasificación Jerárquica.

IV. RESULTADOS.

Una de las principales características del Ecosistema de Afloramiento Peruano es la alta variabilidad de los patrones de circulación oceánica. Esto origina de manera desencadenante que los patrones de afloramiento costero, producción primaria, secundaria y terciaria no sean constantes (Espino, 2003). Esta variabilidad en el ecosistema se puede presentar en el corto (estacional), mediano (interanual: El Niño y La Niña) y largo plazo (periodos decadales fríos y cálidos) (Chávez *et. al.*, 2003). La anchoveta, recurso que sustenta casi la totalidad de la pesquería en esta región, se ve principalmente influenciada en su distribución y abundancia tanto por este parámetro como por la intensidad de su explotación (Mathisen, 1989). En este contexto cabe resaltar que los resultados correspondientes al periodo de tiempo analizado (1998 al 2001), están relacionadas a diferentes estaciones del año (cruceos invierno y primavera) y a la finalización del evento El Niño 1997-98.

IV. 1. ESTADO DEL RECURSO.

La biomasa (B) de anchoveta, estimada acústicamente, fluctuó entre 2,7 (Cr. 9811-12) y 7,97 (Cr. 0006-07) millones de toneladas. La biomasa del cruceo Cr. 9811-12 fue categorizada como baja, la de los Cr. 9911-12 y Cr. 0010-11 como media y la de los Cr. 0006-07, Cr. 0107-08 y Cr. 0110-11 como alta. La superficie (S) ocupada por el recurso varió entre 29 305 (Cr. 9811-12) y 149 928 km² (Cr. 0107-08). La S del (Cr. 9811-12) fue categorizada como baja, la de los Cr. 9911-12, Cr. 0006-07 y Cr. 0010-11 como media y la de los Cr. 0107-08 y Cr. 0110-11 como alta.

La Densidad (D) fluctuó entre 44 (Cr. 0107-08) y 92 toneladas.km⁻² (Cr. 9811-12). La D de los Cr. 0010-11 y Cr. 0107-08 fue catalogada como baja, la de los Cr. 9911-12 y Cr. 0110-11 como media y la de los Cr. 9811-12 y Cr. 0006-07 como alta.

La energía acústica media (s_{A+}) varió entre 406 (Cr. 0110-11) y 999 (Cr. 0006-07) m².mn⁻². La s_{A+} de los Cr. 0010-11 y Cr. 0110-11 fue catalogada como baja, de los Cr. 9811-12 y Cr. 9911-12 como media y del Cr. 0006-07 como alta. La Desviación estándar de s_A (dss_A) varió entre 1 563 (Cr. 9911-12) y 4 131 m².mn⁻² (Cr. 0107-08). La dss_A de los Cr. 9911-12, Cr. 0010-11 y Cr. 0110-11 fue categorizada como baja, la del Cr. 9811-12 como media y la de los Cr. 0006-07 y Cr. 0107-08 como alta.

El Índice de agregación espacial (IAE) fluctuó entre 0.345 (Cr. 9911-12) y 0.383 (Cr. 9811-12). El IAE del Cr. 9911-12 fue catalogado como bajo, mientras que el de los Cr. 9811-12, Cr. 0006-07, Cr. 0010-11, Cr. 0107-08 y Cr. 0110-11 presentó valores poco diferentes entre sí y fue categorizado como alto (Tabla 3). Una ocupación homogénea del espacio por parte del pez estaría representada por la bisectriz del ángulo formado por relación entre la fracción acumulada de s_A de anchoveta (abscisa) y su correspondiente fracción de UBM ocupada (ordenada). Por lo tanto valores de IAE más altos representaron una mayor desviación de la homogeneidad, es decir una mayor heterogeneidad en la ocupación del espacio (Fig. 2).

IV. 2. ESTADO DE LA FLOTA.

IV.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA.

Los dos primeros factores (combinación particular de variables origen) del ACM representaron el 46% de la inercia o varianza total de las embarcaciones (Fig. 3). Este plano estuvo conformado por un primer factor o eje asociado principalmente a la tenencia o no de un sistema de refrigeración y por un segundo factor asociado al material de construcción. En este reducido espacio factorial, la clasificación jerárquica complementaria discriminó tres tipos bien diferenciados de embarcaciones, cada uno significativamente asociado a un

conjunto de variables. El primer grupo (77% del total), al que denominamos Flota Tradicional Anchovetera, estuvo conformado casi exclusivamente por embarcaciones de acero, con tamaños entre 100 y 400 m³ de capacidad de bodega, sin sistema de refrigeración, construidas en las décadas de 1960 y 1970 (las más antiguas) y con permiso único de destino de pesca para consumo humano indirecto (fabricación de harina). Las variables ilustrativas asociadas a este grupo fueron, los permisos de pesca correspondiente a los puertos de Ilo y Chimbote (puertos muy tradicionales) y permiso único para portar redes de 13 mm de tamaño de abertura. El segundo grupo (18%), al que denominamos Flota RSW, estuvo conformado exclusivamente por embarcaciones de acero, con capacidades de bodega mayores a 400 m³, con sistema de refrigeración tipo RSW o CSW, construidas en la década de 1990 y con permiso de destino de pesca tanto para consumo humano indirecto como directo. Variables ilustrativas asociadas: permiso de redes de 13 y 38 mm de abertura de malla y matrículas del puerto del Callao. El tercer grupo (5%), al que denominamos Flota Vikinga, estuvo conformado por embarcaciones exclusivamente construidas de madera, con capacidades de bodega menores a 100 m³, con diseño para portar cajas de hielo como sistema de refrigeración, construidas en la década de 1980 y también con permiso de destino de pesca doble (Consumo humano directo e indirecto).

IV. 2. 2. COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA FLOTA.

Se analizaron 2 253 lances, llevados a cabo en 795 viajes de pesca que fueron operados por 110 embarcaciones diferentes (Tabla 4). La distancia promedio entre lances (DEL) fluctuó entre 6,1 ±8,8 km (junio - julio 2001) y 9,2 ±12.1 km (noviembre - diciembre del 2000). La inercia lo hizo entre 58 ±197 km (noviembre - diciembre del 2001) y 192 ±952 km (noviembre - diciembre del 2000).

IV. 2. 3. ESFUERZO PESQUERO (f) Y CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (CPUE).

El índice de captura (IC) o razón promedio de la captura entre la capacidad de bodega fluctuó entre $0,31 \pm 0,24$ (junio - julio del 2001) y $0,71 \pm 0,28$ (noviembre - diciembre de 1998) (Tabla 4).

En cuanto a f tenemos que la duración promedio de los viajes (DV) de la flota de cerco fluctuó entre 20 ± 8 (junio – julio del 2001) y 26 ± 12 horas (noviembre – diciembre de 1998, coincidentemente con la finalización del El Niño 1997-98). El tiempo de búsqueda promedio (TB) de cardúmenes pescables lo hizo entre $5,0 \pm 3,8$ (noviembre – diciembre de 1999) y $7,6 \pm 4,9$ horas (noviembre – diciembre del 2001). Mientras que el número promedio de lances por viaje (L) varió entre $2,4 \pm 1,2$ (junio – julio del 2001) y $3,1 \pm 1,4$ (noviembre – diciembre de 1999). En función a las embarcaciones la DV fluctuó entre 12 y 53 horas, el TB entre 2 y 21 horas y el L entre 1 y 7 horas. Según la prueba paramétrica One-way ANOVA las diferencias entre temporadas de pesca y entre embarcaciones fueron significativas ($p < 0,01$).

Los valores promedio de las CPUE, con algún indicador de la amplitud del área explorada por la flota como unidad de esfuerzo, como IC/DEL fluctuaron entre $0,069 \pm 0,084$ (junio – julio del 2001) y $0,171 \pm 0,214 \text{ km}^{-1}$ (noviembre – diciembre de 1998) y de la CPUE IC/I entre $0,056 \pm 0,111$ (noviembre – diciembre del 2001) y $0,215 \pm 0,602 \text{ km}^{-1}$.

Las CPUE con algún indicador del tiempo empleado como unidad de esfuerzo, como el IC/DV fluctuaron entre $0,017 \pm 0,014$ (junio – julio del 2001) y $0,032 \pm 0,018 \text{ h}^{-1}$ (noviembre – diciembre de 1998) y de la CPUE IC/TB entre $0,068 \pm 0,064$ (noviembre – diciembre del 2001) y $0,332 \pm 1,133 \text{ h}^{-1}$ (junio – julio del 2000).

La CPUE, con el número de lances como indicador de la estrategia de pesca como unidad de esfuerzo, como el IC/L, varió entre $0,148 \pm 0,137$ (junio – julio del 2000) y $0,353 \pm 0,197 \text{ L}^{-1}$ (noviembre – diciembre de 1998).

IV. 2. 4. INTERACCIÓN FLOTA - RECURSO.

El primer análisis de interacción flota – recurso, la superposición gráfica del comportamiento espacial de la flota en relación a la distribución del recurso, demostró diferencias de dos tipos: 1) diferencias en el comportamiento espacial de una misma embarcación frente a diferentes estados del recurso (Figura 4a - 4c) y 2) diferencias en el comportamiento espacial de diferentes embarcaciones frente al mismo estado del recurso (Figura 4d - 4f). De hecho la E/P 1876 pescó a mayor distancia de la costa durante el invierno del 2000, por lo que incrementó la duración promedio de sus viajes desde 17,28 (primavera 1999) y 18,08 horas (primavera del 2000) hasta 21,6 horas. Sin embargo durante la primavera del 2000 esta misma embarcación pareció cambiar de zona de pesca más frecuentemente, por lo que su tiempo promedio de búsqueda de cardúmenes pescables se incrementó desde 3,33 (primavera 1999) y 3,92 horas (invierno del 200) hasta 6,07 horas. Por otro lado durante la primavera de 1999 la E/P 983 mostró mayor dispersión de sus lances de pesca que las E/P 353 y 1032. Por esta razón esta E/P registró DV y TB relativamente mayores que las otras (E/P 983: DV = 29,77, TB = 6,69; E/P 353: DV = 21,87, TB = 3,56; E/P 1032: DV = 28,75, TB = 8,5 horas).

Por otro lado, los dos primeros factores del Análisis de Componentes Principales (ACP), para la exploración empírica de las posibles relaciones entre el comportamiento de la flota y la distribución espacial de la anchoveta, contuvieron el 73% de la inercia total de los viajes analizados. El primer factor estuvo mayormente asociado a la eficiencia general y el segundo factor a la eficiencia en función a la cobertura espacial (Fig. 5). Sobre este reducido espacio factorial se proyectaron las clases (tipo de viajes) identificadas por las pruebas de clasificación jerárquica complementarias y las variables nominales ilustrativas (índices descriptores del recurso y tipo de embarcación) (Fig. 6). La primera clase, la más abundante con el 60% de los viajes (478), correspondió a los viajes menos eficientes en términos generales (Tabla 5). El 73% de estos viajes fueron realizados por embarcaciones de tipo tradicional anchovetero, mientras que el 24 y 3% por los tipos RSW y Vikinga respectivamente. El índice de captura promedio (IC) fue de $0,386 \pm 0,224$, la duración promedio (DV) de sus viajes 25 ± 11 horas y el tiempo de búsqueda (TB) de cardúmenes de 7,4

$\pm 5,5$ horas. El número de lances (L) por viaje de $3,1 \pm 1,6$ mientras que la cobertura espacial expresada como la Inercia (I) fue de 184 ± 849 km. A esta clase estuvieron significativamente relacionados los índices de baja densidad (D), alta superficie (S) y alta biomasa (B) como descriptores del stock entero y baja densidad (s_{A+}) y alta agregación espacial (IAE) como descriptores de densidades locales.

La segunda clase, un poco más eficiente que la primera, contuvo el 34% de los datos (276 viajes). El 70% de estos viajes fueron realizados por embarcaciones de tipo Tradicional anchovetero, el 28% por RSW y el 2% por Vikingas. El IC promedio fue de $0,794 \pm 0,196$, la DV 21 ± 6 horas y el TB $4,4 \pm 2,6$ horas. El L por viaje fue de $2,6 \pm 1,0$ mientras que la I 62 ± 245 km. A esta clase estuvieron significativamente relacionados los índices de alta D, baja S, baja B y alta s_{A+} .

La tercera clase, la más eficiente en términos generales, incluyó solo el 1% de los viajes (10). De ellos el 50% fue realizado por embarcaciones de tipo Tradicional anchovetero y el otro 50% por RSW. El IC promedio fue de $0,807 \pm 0,104$, la DV 20 ± 6 horas y el TB $2,9 \pm 1,7$ horas. El L por viaje fue de $2,0 \pm 0,0$ mientras que la I $0,29 \pm 0,05$ km. A esta clase estuvieron significativamente relacionados los descriptores alta D, media S y alta s_{A+} .

La cuarta y última clase identificada, la más eficiente pero en términos de cobertura espacial, contuvo el 5% de los datos (39 viajes). De ellos el 72% fue realizado por la flota Tradicional anchovetera mientras que el 28% restante por RSW. El IC promedio fue de $0,969 \pm 0,104$, es decir la tasa de llenura de bodega más alta, la DV 18 ± 7 horas y el TB $2,2 \pm 2,4$ horas. El L por viaje fue de $1,3 \pm 0,5$ mientras que la I 20 ± 80 km. A esta clase estuvieron significativamente relacionados los descriptores media B, media D, media S, media s_{A+} y bajo IAE.

Desde la clase 1 a la 4 las unidades de esfuerzo pesquero (DV, TB, L) y de cobertura espacial (I) presentaron una tendencia decreciente, el IC una tendencia creciente, mientras que las CPUE más altas estuvieron estrechamente relacionadas a la clase 3.

V. DISCUSIÓN.

ÍNDICES SINTÉTICOS DESCRIPTORES DEL ESTADO DEL RECURSO.

Hoy en día la creciente demanda directa o indirecta de productos marinos para una creciente población mundial exige un monitoreo del estado de las poblaciones objetivo y sus pesquerías en tiempo real y una evaluación y aplicación de medidas de manejo en el corto plazo. El objetivo principal sigue siendo el mismo: asegurar que la actividad extractiva sea sustentable, es decir que las futuras generaciones también sean beneficiarias de tales productos, pero la escala temporal de logro de objetivos puede haber cambiado. En un manejo a largo plazo, perspectiva de trabajo de la que no hace mucho se ha tomado conciencia, la inmediatez está implícita.

¿Cómo se logra entonces la sostenibilidad de los recursos?. La evaluación de poblaciones de peces es capaz de generar herramientas cuantitativas de apoyo a las decisiones propias del proceso de manejo. Este a su vez mediante regulaciones evita un impacto irreversible de la pesquería sobre la población objetivo (Sparre & Venema, 1992).

El impacto de la pesquería sobre una población es progresiva y depende del nivel de presión que esta ejerza. Al inicio se removerán los peces más grandes y viejos. Luego, incluso bajo una presión de pesca moderada, se generará una disminución de los niveles poblacionales hasta más allá de su capacidad de carga resultando en una inducción a autorregulaciones denso – dependientes. Consecuentemente y para compensar el creciente nivel de mortalidad los

peces reajustaran y adaptaran a las nuevas condiciones ciertos rasgos de su historia de vida tales como el crecimiento y la reproducción.

Sin embargo, la pesquería no solo logra impactar a la población objetivo. Predadores, presas y competidores son inmediatamente afectados por la disminución en el número de sus respectivas presas y depredadores. Como consecuencia un cambio en la abundancia y composición por especies que conforman la red trófica se torna real (Jahncke *et al.*, 2004), mientras que a una mayor presión de pesca el número de especies puede verse reducida.

El enfoque ecosistémico aplicado a las pesquerías, propuesto para mejorar los sistemas de ordenación de manera que se pueda optimizar los beneficios sociales y económicos que esta actividad ofrece, demanda la implementación y uso de indicadores que sean cuantificables, sintéticos y descriptores del estado de la comunidad, capaces de ser propuestos a partir de la información disponible. Estos serán luego cotejados con puntos de referencia (límite más allá del cual no es deseable a que llegue un indicador) para medir y evaluar los resultados enmarcados en los objetivos de manejo (medida de resultados) (FAO, 2003). Este uso puede ser también extendido al desenvolvimiento de su pesquería.

Rochet & Trenkel (2003), proponen que los indicadores para describir una población, es decir su estado, estructura y dinámica, deben asumir que esta es la unidad básica de observación. En el Perú, desde el inicio de las investigaciones pesqueras, la mayor cantidad de esfuerzo y dinero ha sido destinado al monitoreo y evaluación de la anchoveta y su biotopo, generando en el cumplimiento de este objetivo una importante cantidad de información con una cobertura casi completa en escalas de espacio y tiempo. No es de extrañar entonces que a partir de ella puedan ser propuestos varios índices descriptores del estado de la población de anchoveta y del desenvolvimiento de su pesquería.

Discutiremos entonces de manera empírica que variables descriptoras del estado del recurso propuestas en la presente tesis podrían ser utilizadas como

tales. Rochet & Trenkel (2003) proponen evaluar los índices bajo cuatro criterios básicos: a) su *significado* (abreviado como M), es decir ¿Qué representa realmente la variable? b) su *sensibilidad* a la presión de pesca (S), porque lo que se quiere medir es el impacto de la pesquería, c) su *exclusividad* (E), es decir que su variación sea exclusivamente dependiente de la presión por pesca y no de otras variables y d) que sea fácilmente *cuantificable* (C). Los índices serán sometidos al criterio de Exclusividad en un párrafo aparte. Esta problemática merece una discusión particular.

La Biomasa (B) de anchoveta estimada acústicamente constituye por si sola un indicador del estado de la población (cumple con M o denotado como M+). Su sensibilidad a la presión de pesca puede ser evidenciada en los trabajos que atribuyen su colapso en la década de 1970 a una sobreexplotación (Cushing, 1981; Hilborn, 1985) (S+). El rigor estadístico de su estimación por UBM puede ser discutible, también una posible subestimación por efectos de selección del hábitat (en la denominada zona muerta, cerca al fondo o en zonas muy cercanas a la costa) o evitamiento (a sonido o arte entre otras) como parte del comportamiento del recurso (Freon & Misund, 1999), pero por su cobertura espacial podríamos asumir que su estimación ya sea en términos absolutos o relativos es representativa de toda la población (C+).

El área o superficie de distribución (S) es un indicador de la extensión espacial del hábitat del pez que suele estar definido por un complejo de factores bióticos y físicos en donde los peces pueden optimizar sus procesos fisiológicos (Freon & Misund, 1999) (M+). Para especies como el bacalao del norte (*Gadus morhua*), está reportado que, debido a su comportamiento denso – constante, la respuesta a una fuerte presión de pesca le trajo como consecuencia la reducción de su área de distribución (Rose & Kulka, 1999). La anchoveta peruana también sugiere cierta estrategia de ocupación del espacio, aunque no necesariamente la misma, ante la aplicación de una determinada presión de pesca (S+). Esta será discutida más adelante. Mientras que la Geoestadística contenida en programas de interpolación geográfica como el Surfer v.8.0 permiten una confiable estimación de esta variable (C+).

La Densidad (D) es un indicador poco consistente de la relación entre B y S ya que sugiere una ocupación homogénea del espacio por parte del pez. Es decir con un valor x de D se pudo sugerir el mismo número o biomasa de peces por unidad de área en cualquier punto dentro del área de distribución del recurso. La naturaleza gregaria de la anchoveta y de la mayoría de peces pelágicos desestima tal enunciado (M-). Pero aún así esto no descarta su sensibilidad a la pesquería ya que, como fue sugerido para una futura discusión, posibles cambios en la densidad pueden responder a cambios en los niveles de abundancia (S+). Por otro lado su estimación resulta obviamente sencilla (C+).

Por su naturaleza tanto B, S y D constituyen indicadores del estado del stock entero. No tendría sentido por ejemplo hablar de la superficie ocupada por una agregación si esta formara una minúscula parte de la población o de D si esta va a ser la misma en cualquier punto del área de distribución. En cambio los siguientes tres índices: Energía acústica media (s_A), Desviación estándar del s_A (ds_{s_A}) y el Índice de Agregación Espacial (IAE) pueden ser utilizables para explicar variaciones a un nivel intra – stock o de agregaciones de cardúmenes. Esto porque en sus procesos de estimación no ha sido incluido algún método de interpolación geográfica como lo fue para S o D (que asignó valores estimados de abundancia donde no existieron registros), sino que hicieron referencia a UBM con valores positivos de s_A es decir sólo donde el pez estuvo presente.

El primero de estos índices, s_A , es capaz de reflejar la abundancia promedio presente en una unidad básica de muestreo (UBM). Esto traería a colación la discusión generada en torno a D. Es decir asumiríamos un único valor de s_A para cualquier UBM muestreada. Pero lógicamente a valores más altos de s_A una mayor abundancia promedio ha sido observada (M+). El segundo índice (ds_{s_A}) vendría a ser un indicador de la heterogeneidad de los valores de s_A repartidos en todos los UBM. A ds_{s_A} más altos corresponde una distribución más dispereja de las abundancias por UBM, con por ejemplo pocas de ellas conteniendo valores muy altos (M+). El IAE expresa cuantitativamente la manera en que la anchoveta ocupa el espacio al valorizar la diferencia entre una distribución homogénea teórica y la correspondiente a una función

exponencial de distribución de valores generados de la relación entre la superficie muestreada y su correspondiente abundancia contenida (M+). En los tres casos su estimación es fácilmente deducible de la información propia de los programas de monitoreo (C+).

El que ninguno de ellos cumpliría con el criterio de exclusividad (E-), es decir el de ser únicamente sensible a los efectos de la pesquería más no a otros, puede ser explicado por el comportamiento de la anchoveta. Este comportamiento incluye estrategias de ocupación del hábitat ante cambios en la abundancia poblacional. Mathisen (1989) propone que los cambios en la abundancia pueden ser generados tanto por la pesquería como por el ambiente. Ñiquen *et. al*, (2000) reportan un promedio anual de desembarques de aproximadamente 7 millones de toneladas, convirtiendo a esta actividad en la pesquería monoespecífica más grande del mundo, mientras que Espino (2003) propone que la variabilidad ambiental es una constante en el Ecosistema de Afloramiento Peruano.

En cuanto a la estrategia Freon & Misund (1999) formularon, a partir de la recopilación de varias fuentes, tres modelos teóricos de distribución de peces en el espacio, donde la variable que inicia la reacción es la abundancia. El primero denominado de Densidad Constante, donde el pez ante un incremento de la abundancia tiende a incrementar su área de distribución con el propósito de mantener una densidad constante. El segundo denominado de Densidad Proporcional a la Biomasa o de Área Constante, donde el pez tiende a cambiar la densidad en función a cambios en la abundancia manteniendo de esta manera un área relativamente constante (comportamiento típico de peces sedentarios y territoriales). Finalmente un tercero denominado Modelo Intermedio donde un posible incremento en la biomasa desencadena tanto un incremento en el área de distribución como en la densidad. Una significativa relación lineal ($p < 0,05$) entre B y el producto de S por s_A sugieren que el tercer modelo, el intermedio, es aplicable a la anchoveta peruana. Sin embargo para ser determinantes se necesita una serie de datos mucho más amplia que con la que procedimos a hacer la prueba de correlación ($n=6$). En consecuencia la anchoveta ajustaría su densidad tanto al tamaño de su hábitat disponible

(regulado principalmente por la variabilidad ambiental) y al nivel de abundancia (regulado principalmente más no únicamente por la pesquería), adaptándose de esta manera a la alta variabilidad de su protagónico papel en el ecosistema (nicho ecológico) y en el desarrollo socio – económico del país (a través de la pesquería).

Complementando podemos asignar entonces criterios de S+ para S, D, s_A+ , ds s_A e IAE y de E- para todos los índices (Tabla 6). Pues bien como vemos todos los índices a excepción de D cumplen con por lo menos tres de los cuatro criterios bajo los cuales pueden ser evaluados. El uso de D como índice descriptor del estado de la población puede ser muy discutible, básicamente por la no correspondencia con el comportamiento gregario de la anchoveta. Espacialmente la presencia discontinua y alternada de los principales núcleos de abundancia y concentración (Gutiérrez, 2000) como de zonas de pesca y puertos de desembarque históricamente importantes (Ñiquen *et al.*, 2000) así lo demuestran.

El resto amerita una utilidad de manera integral y complementaria como lo demuestran los modelos. Análisis sobre la base de dos índices descriptores usualmente utilizados (B y S) más tres de ellos propuestos en el presente trabajo (s_A+ , ds s_A e IAE) serían un buen complemento para el diagnóstico y toma de decisiones.

DESCRIPCIÓN DEL DESENVOLVIMIENTO DE LA FLOTA.

La premisa de que el comportamiento de un pescador es análogo al de un depredador natural implica que el pescador: 1) requiere incentivos para pescar, 2) responde a estos incentivos para regular su esfuerzo, 3) evoluciona su eficiencia, 4) cambia de actividad o deja de pescar cuando ya no le conviene y 5) reacciona a las regulaciones asumiendo que son limitantes de su éxito (Hilborn & Walters, 1992). Como vemos es un comportamiento bastante complejo, pero como en todo proceso que tiene similitud con un proceso evolutivo existe cierta selección natural. No todos pescan lo mismo ni en los mismos niveles ni cuentan con las mismas herramientas para hacerlo. El

crecimiento y la diversificación de la flota es un claro ejemplo de ello. Sin embargo no es la única variable implícita en este proceso, la determinación espacial y temporal de la aplicación del esfuerzo y el poder de pesca son los demás componentes participantes.

Entonces queda la pregunta: ¿Es acaso la embarcación más grande y más equipada, en teoría la más *evolucionado*, la más eficiente?. La respuesta requiere de varios pasos. 1) Es necesario averiguar que tan diversa es la flota, 2) Es necesario comparar las eficiencias y 3) Es necesario intentar explicar porque algunos pescan más que otros.

COMPOSICIÓN DE LA FLOTA.

Varios métodos y criterios se han utilizado para caracterizar las flotas de diferentes pesquerías del mundo. El ejemplo más importante, por la naturaleza de sus resultados, corresponde a la muy compleja y multiespecífica pesquería danesa, donde varios intentos fueron hechos para expresar sintéticamente su estructuración y funcionamiento. El concepto de Dinámica de Flotas (Ulrich & Andersen, 2004) logra un gran acercamiento. Este se basa en la idea de que las especies no son explotadas independientemente y que en los procesos de evaluación y predicción estas deben ser consideradas de manera simultánea como consecuencia de las interacciones técnicas entre prácticas pesqueras. El término práctica pesquera deja de ser una simple descripción de la flota y pasa a ser resultado de la combinación de muchas de las variables involucradas en su accionar como construcción, operatividad y dinámica entre otras.

En una pesquería monoespecífica es sabido que cada componente de la flota podría tener un impacto diferenciado dependiendo de la porción de la población sobre la que actúa (Shepherd, 2003). La flota peruana de cerco que pesca anchoveta es muy homogénea en cuanto a diseño, lo que hace que los aspectos operativos (modo de trabajo, aparejos, etc) también lo sean, pero muy heterogénea en cuanto a tamaño y consecuentemente poder de pesca.

Basado en el principio de caracterización de grupos de embarcaciones en función a más de una variable se pudo identificar tres agrupamientos bastante homogéneos intra – clase y bastante diferenciados a nivel inter – clase. La herramienta, el análisis multivariado, como en todo análisis estadístico, contuvo cierto grado de arbitrariedad, por ejemplo para la elección del lugar de corte que va a definir el número de grupos. Dos o tres corridas pudieron dar por lo tanto dos o tres resultados ligeramente diferentes. En este sentido la estadística por sí sola no determinó el número de posibles grupos de embarcaciones existentes. Se requirió por lo tanto de un conocimiento previo de la composición de la flota para luego aplicar un proceso iterativo que tuvo como propósito la obtención de resultados coherentes y robustos. Si bien este análisis fue limitado por la no disponibilidad de mayor información sobre características más precisas de construcción (eslora, manga, puntal, sistema de recojo de redes, etc) y operatividad (costo – beneficio, incentivos, experiencia, habilidad del patrón y tripulación, etc) los resultados encajaron bastante bien con el conocimiento *a priori* de la composición de la flota. Criterios como autonomía, equipamiento, estrategias, entre otros, a una escala de observación más pequeña y naturaleza de los grupos empresariales para los que laboran (extractores – transformadores, sólo extractores o sólo transformadores) a una escala de observación global permitirían confirmar tales diferencias.

El primer grupo, las embarcaciones pesqueras denominadas Vikingas, corresponde a barcos pequeños, de madera y con poca autonomía ya que generalmente cuentan con el equipamiento mínimo para navegar, muchas veces sin sistema GPS o equipos de detección acústica. Su área de influencia es bastante cercana a la costa, por lo que suelen incidir sobre especies costeras. A pesar de que el equipamiento con cajas de hielo le permitirían cierto dinamismo, ya que cuentan con permiso de pesca para especies destinadas al consumo humano directo, la especie objetivo sigue siendo la anchoveta. Durante los últimos tres años su participación en la pesquería le ha representado un promedio del 15% de la captura total de anchoveta (Bouchon & García, 2004). En términos globales la mayoría son asociaciones familiares dedicadas sólo a la extracción. Pero a pesar de haber sido incorporadas a la

flota industrial pesquera desde 1998 con fines de administración, la informalidad y la ausencia de un sistema de monitoreo y vigilancia eficaz sobre ellas han limitado una mejor descripción y evaluación de impactos sobre la población no solo de anchoveta o alguna porción de ella sino también de recursos costeros.

El segundo grupo fue denominado Flota Tradicional Anchovetera. Es un grupo de embarcaciones de mediano tamaño. En él están incluidos los primeros barcos destinados a la pesquería industrial de anchoveta, los mismos que vienen operando desde la década de 1960 y cuyas matrículas corresponden a los puertos de desembarque históricamente más importantes. Desde ese entonces su diseño ha servido de base para la construcción de embarcaciones que actualmente conforman el grueso de la flota industrial de cerco. Lógicamente nueva tecnología se ha ido incorporando (Bouchon, 2000). La ausencia de un sistema de refrigeración la convierte en una flota exclusivamente monoespecífica. Pero siendo la anchoveta su recurso objetivo, la pesca de especies para consumo humano directo, cuando labora en zonas aledañas a la costa, suele ser incidental y es en torno a esto que se ha generado la mayor controversia con el sector pesquero artesanal. La mayoría de estas embarcaciones pertenece a empresas productoras – transformadoras y es en base a la regulación, descripción y cuantificación de su desempeño que se ha escrito la mayor parte de la historia de la pesquería de anchoveta en el Perú.

El tercer grupo denominado Flota RSW o flota de mayor escala cuenta con las embarcaciones pesqueras más modernas y mejor equipadas del sistema extractivo. Son las de mayor tamaño y autonomía. Todas tienen incorporadas el sistema GPS y equipos de localización de cardúmenes. La mayoría no supera los 15 años de antigüedad. El hecho de contar con el sistema de refrigeración RSW (Sistema de refrigeración de agua de mar por sus siglas en inglés) la convierte en una flota dinámica que alterna la pesca de anchoveta con la de recursos para el consumo humano directo como el jurel y caballa. Es decir se adapta a las regulaciones. No suele laborar en aguas muy cercanas a la costa debido a su tamaño y al tamaño de las redes, las mismas que suelen

tener contacto con el fondo. Todas perteneces a empresas extractoras – transformadoras.

Queda claro entonces que existe una diferenciación estadísticamente significativa de construcción y operatividad en función ya no a una sola variable sino a un conjunto de ellas. En cuanto al pescador esto puede constituirse como el primer paso de un proceso mucho más grande de comprensión e intento de modelamiento de su comportamiento. En cuanto al pez queda por demostrar entonces si es que el impacto sobre la población es también diferenciado. Una vez logrado esto, la incorporación de esta caracterización de la flota, no sólo en evaluaciones sino también en procesos de manejo, puede ser de mucha utilidad para el entendimiento de la relación pez - pescador.

EFICIENCIAS.

La estadística pesquera tiene la ventaja sobre los cruceros de evaluación acústica de contar con una más grande y rica cantidad de datos, con muchas embarcaciones proveyendo una variada e importante cantidad de información por un periodo de tiempo mucho más largo. Además de estas características casi todas las CPUE propuestas por el programa de observadores a bordo (Proyecto Bitácoras de Pesca) tienen la particularidad de contar con unidades de esfuerzo efectivo, casi imposible de ser cuantificadas con información recopilada en los puertos de desembarque y de gran ayuda para detectar posibles cambios en la aplicación del esfuerzo real. Entonces la información base para procesos de descripción sintética del desenvolvimiento de la flota e implementación de índices de CPUE es novedosa, consistente y de buena calidad.

Los problemas surgen de la proposición de uso de estas CPUE como indicadores de abundancia. Este tema, en términos generales, fue bastante discutido en párrafos anteriores. Como sabemos, los datos suelen provenir de embarcaciones muy diferentes, con diferencias en sus capacidades de captura, estrategias de trabajo y posiblemente pescando bajo diferentes condiciones. En este contexto la caracterización de la flota antes propuesta puede utilizarse

para los procesos de estandarización de esfuerzos y estimaciones de CPUE con un mejor grado de ajuste.

La interpretación de lo que pueda significar cada índice propuesto pasa por aclarar en primer término el hecho de que no está en evaluación que tan buenos indicadores de la abundancia de anchoveta lo sean. Este no fue el objetivo del trabajo, pero puede ser el de uno futuro. Más aún si tenemos en cuenta que estos no son índices de CPUE propiamente dichos. Al intentar minimizar la influencia de la capacidad de bodega como expresión del tamaño de la embarcación y de su poder de pesca mediante la estimación de la tasa de llenura, para recién ser confrontados con el correspondiente esfuerzo pesquero, estos se transformaron en indicadores de eficiencia (unidades en esfuerzo⁻¹) por viaje más que de abundancia poblacional. Las estimaciones fueron hechas para cada viaje de manera individual y no de manera conjunta.

Ninguno de los tres tipos de embarcaciones estuvo significativamente asociado a la modalidad de viajes más eficientes, es decir al Tipo 3 ó 4 en el análisis multivariado para identificación de viajes agrupados en función al nivel de eficiencia (Fig. 6, Tabla 5). Esto no es de extrañar ya que muchas veces incluso los mejores pescadores suelen presentar cierta variabilidad en sus rendimientos en periodos cortos de tiempo (Vignaux, 1996).

En términos de eficiencia general los viajes de Tipo 4 fueron los que menos tiempo y operaciones de pesca demandaron para concluir exitosamente una faena de pesca. Hancock *et al.* (1995) por ejemplo refirieron de manera anecdótica cómo pescadores con diferentes habilidades emplearon diferentes tácticas para la pesca del jurel (*Trachurus murphyi*) en Chile. Concluyó que los más eficientes fueron los que menos fallaron durante una operación de pesca (hábiles) y a su vez fueron capaces de buscar solos cuando fue necesario (osados). En términos de eficiencia espacial los viajes de Tipo 3 fueron los que menos dispersión espacial registraron entre sus lances de pesca. Si la configuración espacial del desempeño de un grupo de embarcaciones es concentrada, es porque probablemente hayan localizado de manera exitosa áreas con altas densidades de peces, ya sea por que la distribución del pez

también fue concentrada o porque existió cooperación o imitación. El accionar de cualquier flota suele estar fuertemente influenciado por el grado y tipo de interacción entre las embarcaciones (cooperación o interferencia) (Hilborn & Walters, 1992).

Sin embargo la interpretación de las diferencias en los niveles de eficiencia, además de los aspectos relacionados al pescador, deben incluir los relacionados a la configuración espacial del recurso. Es decir se debe analizar la interacción.

INTERACCIÓN PEZ – PESCADOR PARA INTERPRETAR DIFERENCIAS EN LOS NIVELES DE EFICIENCIA.

Ante la pregunta ¿Por qué algunas embarcaciones son más eficientes que otras?, determinar hasta que punto la habilidad de los pescadores en localizar las áreas de mayor abundancia de peces interactúa con la selección del hábitat por parte del pez, es decir analizar la interacción, puede constituirse como la herramienta básica para resolver la interrogante (Harley *et al.*, 2001). Como consecuencia y a largo plazo nos acercáramos al entendimiento de la naturaleza de la relación entre la CPUE y abundancia.

En cuanto al pez, son los procesos ecológicos los que determinan la manera de ocupación del espacio, es decir el nivel de agregación. Luego este comportamiento más los factores involucrados en el comportamiento del pescador se vuelven condicionantes de la variabilidad en las capturas (Petitgas *et al.*, 2003). Las perspectivas de pesca luego de la evaluación y diagnóstico del estado de la población o la explicación de eficiencias en función a esta no deberían contener más análisis exclusivamente en función al nivel de biomasa o área de distribución, sino que deberían necesariamente incluir además un análisis cuantitativo del nivel de agregación. Esta función podría ser bien desempeñada por el IAE propuesto en el presente trabajo.

Sin embargo y de acuerdo a lo observado, la explicación de los diferentes grados de eficiencia (Tipos de viajes) identificados en la flota peruana de cerco

que conformaron la muestra analizada puede tener diferentes grados de interpretación en función al nivel de observación, es decir a la escala. Luego la interpretación sugerida para cada escala de observación va a depender de la naturaleza de la pregunta científica a la que se quiera dar respuesta.

Dos situaciones extremas, una de alto y una de bajo nivel de agregación, puede tener diferentes interpretaciones tanto para una escala de observación grande (del stock entero por ejemplo), intermedia (como la de agrupamientos de cardúmenes o parches) y pequeña (a nivel de cardúmenes).

En una escala de observación mayor como la del stock entero, es decir la que incluye toda la biomasa, un bajo nivel de agregación generaría como consecuencia eficiencias más bajas porque el recurso va a estar repartido de manera más homogénea en todo el área de distribución. Un nivel de agregación alto generaría altos niveles de eficiencia ya que una vez localizado el o los puntos con las más altas agregaciones, estas van a contener una importante cantidad de biomasa. La relación entre el tipo de viajes más eficiente (Tipo 4) y el D más alto así lo demuestran. Lo interesante es ver que a este grupo también están significativamente asociadas las variables B y S intermedia (Fig. 6). Como vemos una mayor abundancia no va a constituirse como garantía para obtener buenas eficiencias. La manera de ocupación del espacio es una de las razones que explican la ausencia de linealidad en la relación entre la CPUE y la abundancia (Harley *et al.*, 2001).

El problema radicaría justamente en encontrar tales puntos. En una escala de observación intermedia, la de agrupamientos de cardúmenes y búsqueda de zonas de pesca apropiadas, esta alta agregación en un espacio que aún sigue siendo bastante amplio, traería como consecuencia una mayor dificultad en la localización, dando como resultado la necesidad de despliegue de una mayor cantidad de esfuerzo y una posible disminución en las eficiencias. La relación inversa entre el tipo de viajes menos eficiente (Tipo 1) y el IAE más alto, a pesar de que también una B alta haya estado asociada a este grupo (Fig. 6), también lo demuestran. Contrariamente, en un parche, una biomasa repartida más homogéneamente, es decir ante un bajo nivel de agregación, demandaría

menos tiempo y esfuerzos en localizar áreas idóneas de trabajo. Luego si las embarcaciones son exitosas en encontrar las mejores agregaciones de peces, la CPUE tenderá a indexar sólo las densidades dentro de tales agregaciones en vez de la verdadera abundancia del stock (Vignaux, 1996). Es más, el grado de éxito de una flota en encontrar tales agregaciones por unidad de tiempo, es decir su eficiencia, definirían la proporción capturada de un stock (q). Como consecuencia si existiera suficiente información acerca de la distribución de la flota que incide sobre una población puede ser posible utilizar esta información como base para intentar explicar algunas de las variaciones en q y la naturaleza de la relación entre CPUE y abundancia (Salthaug & Aanes, 2003).

En la escala de observación más pequeña, la de los cardúmenes, una baja agregación se reflejaría en cardúmenes pequeños y poco densos, lo que traería a colación eficiencias más bajas. Contrariamente, importantes niveles de agregación se reflejaran en cardúmenes grandes y densos. Una vez localizados los mismos la eficiencia dependería únicamente del desempeño del pescador.

Como vemos el nivel de agregación se constituye como una variable relevante para explicar el nivel de eficiencia de las embarcaciones de cerco, independientemente de la abundancia existente. Esto desestima de alguna manera la creencia generalizada de la existencia de que una relación positiva entre biomasa y rendimientos de pesca era una regla.

Por otro lado, es obvio que en cada uno de estos posibles escenarios propuestos existen buenos y malos pescadores. Pero en términos generales se puede asumir que hay un alto nivel de adaptabilidad del pescador a la configuración espacial del recurso. Como los cambios en esta configuración pueden ser generados tanto por la misma pesca como por el ambiente, se crearía de esta manera un circuito de retroalimentación entre pesca y recurso con una variable adicional, el ambiente, interviniendo de manera diaria, estacional, interanual, decadal y secular. Si este ecosistema viene funcionando de esta manera, incluso luego de la aparición de la pesquería y su relevancia,

la alta adaptabilidad de la anchoveta a esta doble influencia estaría comprobada.

VI. CONCLUSIONES.

1. El enfoque ecosistémico aplicado a las pesquerías demanda el uso de índices descriptores sintéticos del estado del recurso. A partir de la información acústica regularmente recopilada por IMARPE se pudieron implementar índices complementarios a la biomasa, área de distribución y densidad teórica, que explican cualitativa y cuantitativamente la manera de ocupación del espacio por parte de la anchoveta peruana. La energía acústica promedio, la desviación estándar de la energía acústica y el índice de agregación espacial constituyen índices relevantes para la interpretación pertinente de los niveles de eficiencia de la flota de cerco peruana.

2. El desenvolvimiento espacial y temporal de la flota de cerco debe también ser formulado de manera explícita y sintética. La información regularmente recopilada por el Proyecto Bitácoras de Pesca permite formular índices descriptores del comportamiento y eficiencia de la flota de cerco peruana en función al tiempo, cobertura espacial y aspectos operacionales, imposible de ser propuestos a partir de información obtenida en los puertos de desembarque. Los descriptores del desenvolvimiento de la flota son por lo tanto consistentes y de buena calidad, además de novedosos.

3. La flota de cerco peruana presenta una clara diferenciación en cuanto a factores de construcción y operatividad. Si bien no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias de cada tipo de barco quedaría por comprobar si cada uno de ellos ejercería un impacto diferenciado sobre otros parámetros biológicos y/o poblacionales.

4. Las diferencias en los niveles de eficiencia por viaje de la flota de cerco (tipos del 1 al 4) tuvo como variable determinante la manera de ocupación del espacio por parte del pez, variable que depende a su vez en gran medida de la variabilidad ambiental, dejando relegadas a segundo plano las posibles estrategias de despliegue de esfuerzo nominal (tipo de barco por ejemplo) o efectivo (duración del viaje, tiempo de búsqueda o número de lances, entre otros). Sin embargo, la interpretación de los resultados está estrechamente relacionada al nivel o escala de observación (stock, agrupamiento de cardúmenes o cardúmenes individuales) que va a depender a su vez de la pregunta científica a resolver. En ninguno de los casos una importante biomasa garantizó los mejores rendimientos.

5. Existe un circuito de retroalimentación entre la pesca (desenvolvimiento de la flota) y el recurso (configuración espacial), donde el ambiente, actuando a diferentes escalas temporales se constituye como la variable externa de participación, pero no menos importante, de regulación.

VII. RECOMENDACIONES.

1. Implementar las variables cualitativas y cuantitativas indicadores de la manera de ocupación del espacio por parte de la anchoveta, propuestas en el presente trabajo, dentro de los procesos propios de la evaluación y diagnóstico de la población de anchoveta.
2. Implementar estas mismas variables dentro de los procesos de análisis e interpretación de eficiencias y perspectivas de la flota de cerco peruana. En este contexto tener en cuenta que las escalas de observación también son requisitos para interpretar adecuadamente la interacción.
3. Continuar con el programa de observadores a bordo (Proyecto Bitácoras de Pesca) a partir de cuya riqueza de información se pueden formular índices descriptores y sintéticos del desenvolvimiento de la flota en términos espaciales, temporales y operacionales.
4. Discutir la aplicabilidad de la caracterización de la flota de cerco peruana en la determinación de las eficiencias por tipos de barco, la estandarización de esfuerzos pesqueros, estimaciones de CPUE y en la determinación de un posible impacto diferenciado de cada uno de estos grupos en la población de anchoveta.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bertrand, S., Díaz, E. & Ñiquen, M. (2004). Interactions between fish and fisher's spatial distribution and behaviour: an empirical study of the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. ICES Journal of Marine Science, 61: 1127-1136.
- Bouchon, M., Cahuin, S., Díaz, E. & Ñiquen, M. (2000). Captura y esfuerzo pesquero de la pesquería de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Bol. Inst. Mar Peru-Callao, 19: 109-115.
- Bouchon, M. & García, C. (2004). Ayuda Memoria Flota Industrial de Madera. Informe Interno Inst. Mar Peru-Callao, 7p.
- Campbell, H. & Hand, A. (1999). Modelling the spatial dynamics of the U.S. purse-seine fleet operating in the western Pacific tuna fishery. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 56: 1266-1277.
- Chávez, F., Ryan, J., Lluch-Cota, s. & Ñiquen, M. (2003). From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. Science. 299: 217-221.
- Csirke, J. (1989). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc. Téc. Pesca, (192) : 80p.
- Csirke, J. (1990a). Changes in the Catchability Coefficient in the Peruvian Anchoveta (*Engraulis ringens*) Fishery. In The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions, pp. 207-219. vol.18 Ed. by D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. ICLARM, IMARPE, Callao, Perú. 438.
- Csirke, J. (1990b). El uso de datos de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en la investigación de recursos pelágicos en el Instituto del Mar del Perú. Informe de la misión de asesoramiento realizada por la CEE a través del Programa Regional de Cooperación Técnica para la Pesca (CEE-PEC). Callao, Perú. 19p.

- Cushing (1981). Fisheries Biology. A Study in Population Dynamics. University of Wisconsin. Sec. ed. 295p.
- Espino, M. & Wosnitza-Mendo, C. (1984). Manuales de evaluación de peces N° 1. Área Barrida. Informe Inst. Mar Perú-Callao, (86):30p. (Publicación 16 PROCOPA).
- Espino, M. & Wosnitza-Mendo, C. (1984). Manuales de evaluación de peces N° 1. Análisis de Cohortes. Informe Inst. Mar Perú-Callao, (87):26p. (Publicación 18 PROCOPA).
- Espino, M., Yamashiro, C., Fernández, F. & Cárdenas, G. (1995). Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos. Informe Inst. Mar Perú-Callao. (111): 34p.
- Espino, M. (2003). Estrategia de gestión ambiental para el Pacífico Oriental con especial mención a la pesquería peruana. Tesis para optar el grado académico de Magister en Geografía con mención en Ordenamiento y Gestión Ambiental. Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 102p.
- FAO (2000). Fishstat plus. Universal software for fishery statistical time series. Version 2.3.
- FAO (2003). The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. Rome, FAO. 2003. 71 p.
- Foote, K., Knudsen, H., Vestnes, D., MacLennan, D. & Simmonds, E. (1987). Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. ICES Cooperative Research Report 144: 69p.
- Fox, W. (1974). An overview of production modelling. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT (3): 142-156.
- Fréon, P. & Misund, O. (1999). Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment. Fishing news books, Blackwell Science, London, 348p.
- Grasland, C. (2004). Analyse spatiale et modélisation des phénomènes géographiques. En : http://www.grasland.cicrp.jussieu.fr/grasland/go303/ch1/doc_ch1.htm
- Gutiérrez, (2000). Estimados de biomasa hidroacústica de los cuatro principales recursos pelágicos en el mar peruano durante 1983 – 2000. Bol. Inst. Mar Peru-Callao, 19: 139-156.

- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. & Black, W. (1999). Análisis Multivariante. 5° ed. Prentice Hall Iberia, España, 799p
- Hancock, J., Hart, P. J. B. & Antezana, T. (1995). Searching behaviour and catch of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) by industrial purse-seiners off south-central Chile. ICES Journal of Marine Science, 52: 991-1004.
- Harley, S. J., Myers, R. A. & Dunn, A. (2001). Is catch-per-unit- effort proportional to abundance?. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58: 1760-1772.
- Hilborn, R. (1985). Fleet Dynamics and Individual Variation: Why Some People Catch More Fish than Others. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 2-13.
- Hilborn, R. & Walters, C. (1992). Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. New York - London. 570pp.
- Holland, D. & Sutinen, J. (1999). An empirical model of fleet dynamics in New England trawl fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56: 253-264.
- IMARPE (1970). Report of the panel of experts on population dynamics of Peruvian anchoveta. Bol. Inst. Mar Peru-Callao 2(6):234-372.
- IMARPE (1972). Report of the Second Session of the Panel of Experts on population dynamics of Peruvian anchoveta. Bol. Inst. Mar Peru-Callao 2(7):373-458.
- IMARPE (1973). Report of the Third Session of the Panel of Experts on population dynamics of Peruvian anchoveta. Bol. Inst. Mar Peru-Callao 2(9):525-599.
- IMARPE (1974). Report of the Fourth Session of the Panel of Experts on Stock Assessment on Peruvian anchoveta. Bol. Inst. Mar Peru-Callao 2(10):605-719.
- Jahncke, J. Checkley, D. & Hunt, G. (2004). Trends in carbon flux to seabirds in the Peruvian upwelling system: effects of wind and fisheries on population regulation. Fisheries Oceanography 13:3, 208–223.
- Large, P. A. (1992). Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. ICES Journal of marine science, 49: 253-261.
- Laurec, A. & Le Guen, J. C. (1981). Dynamique des populations marines exploitées, Tome I, Concepts et Modèles. Rapports scientifiques et

techniques. n45-1981. Publications du centre national pour l'exploitation des océans.

- Lebart, L., Morineau, A. & Piron, M. (2004). Statistique exploratoire multidimensionnelle. 3^e ed. Dunod, Paris. 439 p.
- Mackinson, S., Sumalia, U. & Pitcher, T. (1997). Bioeconomics and catchability: fish and fisheries behaviour during stock collapse. *Fisheries research* 31: 11-17.
- Magnan, C. (2004). Distance à vol d'oiseau entre deux points de la surface terrestre. En : <http://www.dstu.univ-montp2.fr/GRAAL/perso/magnan/ortho/ortho.html>.
- Mathisen, O. (1989). Adaptation of the anchoveta (*Engraulis ringens*) to the Peruvian upwelling system. In *The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions*, pp. 220-234. vol.18 Ed. by D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. ICLARM, IMARPE, Callao, Perú. 438p.
- Myers, R. and Cadigan, N. (1995). Was an increase in natural mortality responsible for the collapse of northern cod? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 1274-1285.
- Ñiquen, M., Bouchon, M., Cahuín, S., & Díaz, E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 19: 117-123.
- Ñiquen & Díaz. (2001). Advances in Research on the Spatial Distribution of Anchovy and Sardine off the Peruvian Coast. Report of a GLOBEC – SPACC/IDYLE/ENVIFISH Workshop on Spatial Approaches to the Dynamics of Coastal Pelagic Resources and their Environment in Upwelling Areas. Cape Town, Sudáfrica. GLOBEC Report 16 : 36-38.
- Palomares, M., Muck, P., Mendo, J., Chuman, E., Gomez, O. & Pauly, D. (1987). Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. In *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*, pp. 117-141. vol. 15 Ed. by D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. ICLARM, IMARPE, Callao, Perú. 531p.
- Pauly, D., Palomares, M. & Gayanilo, F. (1987). VPA Estimates of the Monthly Population Length Composition, Recruitment, Mortality, Biomass and Related Statistics of Peruvian Anchoveta, 1953 to 1981, In *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*, pp. 142-166. vol. 15 Ed. by D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and I. Tsukayama. ICLARM, IMARPE, Callao, Perú. 531p.
- Pelletier, D. & Magal, P. (1996). Dynamics of a migratory population under different fishing effort allocation schemes in time and space. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53(1): 1186-1199.

- Petitgas, P. (1998). Biomass-dependent dynamics of fish spatial distributions characterized by geostatistical aggregation curves. *ICES Journal of Marine Science* 55: 443-453.
- Petitgas, P., Poulard, J. & Biseau, A. (2003). Comparing commercial and research survey catch per unit of effort: megrim in Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 60: 66-76.
- Rochet, M. & Trenkel, V. (2003). Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 60: 86-99.
- Rose, G. & Kulka, D. (1999). Hyperaggregation of fish and fisheries: how catch-per-unit-effort increased as the northern cod (*Gadus morhua*) declined. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56(1): 118-127.
- Salthaug, A. & Aanes, S. (2003). Catchability and the spatial distribution of fishing vessels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 60: 259-268.
- Sampson, D. (1991). Fishing tactics and fish abundance, and their influence on catch rates. *ICES Journal of Marine Science* 48: 291-301.
- Sepúlveda, A., Cubillos, L. & Arcos, D. (2003). Pesquerías pelágicas chilenas: Una síntesis sobre la incertidumbre biológica. In: *Actividad Pesquera y de Acuicultura en Chile*. Eleuterio Yañez Editor: 91-107.
- Shepherd, J. (2003). Fishing effort control: could it work under the common fisheries policy? *Fisheries Research* 63: 149-153.
- Sparre, P. & Venema, S. (1992). Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. Roma. 376 p.
- Ulrich, C. & Andersen, B. (2004). Dynamics of fisheries, and the flexibility of vessel activity in Denmark between 1989 and 2001. *ICES Journal of Marine Science* 61: 308-322.
- Vignaux, M. (1996). Analysis of spatial structure in fish distribution using commercial catch and effort data from the New Zealand hoki fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 53: 963-973.

IX. TABLAS.

Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas en el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

| <i>Variable</i> | <i>Tipo</i> | <i>Categorías</i> |
|-----------------|-------------|---|
| Permiso | Nact | 1) CHI 2) CHI & CHD |
| Cap. Bod. | Nact | 1) < 100 m ³ 2) 100-200 m ³ 3) 200-300 m ³ 4) 300-400 m ³ 5) > 400 m ³ |
| Sist. Frío | Nact | 1) Frío 2) No Frío |
| Año | Nact | 1) 1960, 2) 1970, 3) 1980 4) 1990 |
| Material | Nact | 1) Acero 2) No Acero |
| Código | Nilu | Código de cada embarcación |
| Red | Nilu | 1) 13 mm 2) 13 & 38 mm |
| Puerto | Nilu | 1) CE = Chimbote 2) CO = Callao 3) HO = Guacho 4) IO = Ilo 5) MO = Mollendo 6) PL = Planchada 7) PO = Pisco 8) PS = Pucusana 9) PT = Paita 10) SE = Supe 11) SY = Salaverry 12) ZS = Zorritos. |

Nact = Nominal activa; Nilu = Nominal ilustrativa. CHI = consumo humano indirecto; CHD = consumo humano directo; Frío = con algún sistema de refrigeración (RSW o CSW); No Acero = Madera y/o Fibra de vidrio; 13 y/o 38 mm = de apertura de malla.

Tabla 2. Resumen y tipificación de las variables usadas en el Análisis de Componentes Principales (ACP).

| <i>Categoría</i> | <i>Código</i> | <i>Descripción</i> | <i>Tipo para ACP</i> |
|------------------|---------------|--|----------------------|
| DF | EP | Código de la embarcación pesquera | NI |
| DF | PTO | Puerto de origen | NI |
| DF | IC | Índice de captura | CI |
| DF | DV | Duración del viaje | CI |
| DF | TB | Tiempo de búsqueda | CI |
| DF | L | Número de lances | CI |
| DF | DEL | Distancia entre lances | CI |
| DF | I | Inercia espacial de los lances | CI |
| IE | IC/DV | Índice de captura por duración del viaje | CA |
| IE | IC/TB | Índice de captura por tiempo de búsqueda | CA |
| IE | IC/L | Índice de captura por número de lances | CA |
| IE | IC/DEL | Índice de captura por distancia entre lances | CI |
| IE | IC/I | Índice de captura por inercia espacial | CA |
| DR | B | Biomasa | NI |
| DR | A | Área de distribución | NI |
| DR | D | Densidad teórica | NI |
| DR | s_A+ | Energía acústica promedio | NI |
| DR | dss_A | Desviación estándar del s_A | NI |
| DR | IAE | Índice de Agregación Espacial | NI |

DF = Variables descriptoras de la flota, IE = Índices de eficiencia, DR = Variables descriptoras del recurso. CA = Variables continuas activas, CI = Variables continuas ilustrativas, NI = Variables nominales ilustrativas.

Tabla 3. Índices descriptores del estado del recurso por crucero de evaluación.

| Crucero | B | C | S | C | D | C | s_{A+} | C | dss_A | C | IAE | C |
|---------|------|---|---------|---|----|---|----------|---|---------|---|-------|---|
| 9811-12 | 2.70 | 1 | 29 305 | 1 | 92 | 3 | 536 | 2 | 3 091 | 2 | 0.383 | 3 |
| 9911-12 | 5.61 | 2 | 96 806 | 2 | 58 | 2 | 607 | 2 | 1 563 | 1 | 0.345 | 1 |
| 0006-07 | 7.97 | 3 | 88 608 | 2 | 90 | 3 | 999 | 3 | 4 001 | 3 | 0.377 | 3 |
| 0010-11 | 4.90 | 2 | 106 931 | 2 | 46 | 1 | 409 | 1 | 1 628 | 1 | 0.374 | 3 |
| 0107-08 | 6.55 | 3 | 149 928 | 3 | 44 | 1 | 535 | 2 | 4 131 | 3 | 0.376 | 3 |
| 0110-11 | 6.85 | 3 | 131 561 | 3 | 52 | 2 | 406 | 1 | 1 830 | 1 | 0.375 | 3 |

C = Categoría, B = Biomasa en toneladas métricas, S = Superficie ocupada por la anchoveta en km^2 , D = Densidad en toneladas.km^{-2} , s_{A+} = Energía acústica media en $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$, dss_A = Desviación estándar del s_A en $\text{m}^2.\text{mn}^{-2}$ e IAE = Índice de Agregación Espacial.

Tabla 4. Índices descriptores del comportamiento de la flota por temporada de pesca. Número de lances, viajes y embarcaciones analizadas. Esfuerzo pesquero (f) y Eficiencias.

| PERIODO | NL | NV | NE | IC | DEL | I | DV | TB | L | IC/DEL | IC/I | IC/DV | IC/TB | IC/L |
|------------|-----|-----|----|---------------|--------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Nov-Dic 98 | 150 | 59 | 21 | 0.71 ±0.28 | 6.7 ±9.4 | 123 ±425 | 26 ±12 | 7.2 ±8.3 | 2.5 ±1.5 | 0.171 ±0.214 | 0.187 ±0.306 | 0.032 ±0.018 | 0.213 ±0.209 | 0.353 ±0.197 |
| Nov-Dic 99 | 927 | 299 | 35 | 0.63 ±0.26 | 7.4 ±9.4 | 121 ±605 | 22 ±8 | 5.0 ±3.8 | 3.1 ±1.4 | 0.128 ±0.129 | 0.121 ±0.348 | 0.031 ±0.019 | 0.222 ±0.226 | 0.253 ±0.196 |
| Jun-Jul 00 | 431 | 152 | 33 | 0.66 ±0.29 | 6.6 ±10.3 | 156 ±821 | 26 ±10 | 5.8 ±4.3 | 2.8 ±1.6 | 0.153 ±0.197 | 0.215 ±0.602 | 0.028 ±0.014 | 0.332 ±1.133 | 0.300 ±0.223 |
| Nov-Dic 00 | 389 | 139 | 25 | 0.48 ±0.28 | 9.2 ±12.1 | 192 ±952 | 25 ±10 | 7.3 ±5.1 | 2.8 ±1.3 | 0.084 ±0.110 | 0.077 ±0.239 | 0.022 ±0.017 | 0.113 ±0.145 | 0.198 ±0.140 |
| Jun-Jul 01 | 211 | 89 | 20 | 0.31 ±0.24 | 6.1 ±8.8 | 81 ±316 | 20 ±8 | 6.1 ±4.0 | 2.4 ±1.2 | 0.069 ±0.084 | 0.089 ±0.205 | 0.017 ±0.014 | 0.071 ±0.077 | 0.148 ±0.137 |
| Nov-Dic 01 | 145 | 58 | 17 | 0.37 ±0.27 | 6.5 ±10.5 | 58 ±197 | 21 ±10 | 7.6 ±4.9 | 2.5 ±1.2 | 0.076 ±0.103 | 0.056 ±0.111 | 0.020 ±0.016 | 0.068 ±0.064 | 0.164 ±0.137 |

NL = Número de lances, NV = Número de viajes, NE = Número de embarcaciones pesqueras, IC = Índice de captura, DEL = distancia entre lances en km, I = Inercia espacial en km, DV = Duración promedio de los viajes en horas, TB = Tiempo de búsqueda promedio de cardúmenes pescables en horas, L = número promedio de lances por viaje, IC/DEL = Índice de captura por distancia entre lances, IC/I = Índice de captura por Inercia espacial, IC/DV = Índice de captura por duración del viaje, IC/TB = Índice de captura por tiempo de búsqueda e IC/L = Índice de captura por número de lances.

Tabla 5. Índice de llenura, esfuerzo pesquero, eficiencias y tipos de embarcación por cada clase de viaje identificada por la clasificación jerárquica del ACP.

| | IC | DV | TB | L | I | IC/DV | IC/TB | IC/L | IC/I | % TA | % RSW | % VIK |
|---------|-----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-------|-------|
| Clase 1 | 0,386 ±0,225 | 25 ±11 | 7,4 ±5,5 | 3,1 ±1,6 | 184 ±849 | 0,016 ±0,008 | 0,074 ±0,062 | 0,135 ±0,074 | 0,043 ±0,110 | 73 | 24 | 3 |
| Clase 2 | 0,794 ±0,196 | 21 ±6 | 4,4 ±2,6 | 2,6 ±1,02 | 62 ±245 | 0,039 ±0,011 | 0,253 ±0,176 | 0,340 ±0,123 | 0,186 ±0,271 | 70 | 28 | 2 |
| Clase 3 | 0,807 ±0,104 | 20 ±6 | 2,9 ±1,7 | 2,0 ±0 | 0,3 ±0,05 | 0,046 ±0,018 | 0,375 ±0,223 | 0,405 ±0,052 | 2,887 ±0,729 | 50 | 50 | 0 |
| Clase 4 | 0,969 ±0,183 | 18 ±7 | 2,2 ±2,4 | 1,3 ±0,5 | 20 ±80 | 0,062 ±0,027 | 1,235 ±2,096 | 0,820 ±0,198 | 0,059 ±0,168 | 72 | 28 | 0 |

IC = Índice de captura, DV = duración promedio de los viajes en horas, TB = tiempo de búsqueda de cardúmenes en horas, L = número de lances, I = Inercia espacial en km², IC/DV = Índice de captura por duración del viaje en horas⁻¹, IC/TB = Índice de captura por tiempo de búsqueda en horas⁻¹, IC/L = Índice de captura por lance en lances⁻¹, IC/I = Índice de captura por inercia espacial en km⁻¹, %TA = porcentaje de E/P de la Flota Tradicional Anchovetera perteneciente a la clase *n*, %RSW = porcentaje de E/P tipo RSW perteneciente a la clase *n*, %VIK = porcentaje de E/P tipo Vikingas perteneciente a la clase *n*

Tabla 6. Evaluación empírica bajo cuatro criterios de catalogación de los índices descriptores del estado de la población propuestos.

| | B | S | D | s _A + | ds s _A | IAE |
|----------------------|----|----|----|------------------|-------------------|-----|
| Significado (M) | M+ | M+ | M- | M+ | M+ | M+ |
| Sensibilidad (S) | S+ | S+ | S+ | S+ | S+ | S+ |
| Exclusividad (E) | E- | E- | E- | E- | E- | E- |
| Cuantificable (C) | C+ | C+ | C+ | C+ | C+ | C+ |

M+/- = cumple o no con el criterio de tener un significado coherente, S+/- = cumple o no con el criterio de ser sensible a la pesca, E+/- = cumple o no con el criterio de ser exclusivamente sensible a la pesca y C+/- = cumple o no con el criterio de ser fácilmente cuantificable.

X. FIGURAS.

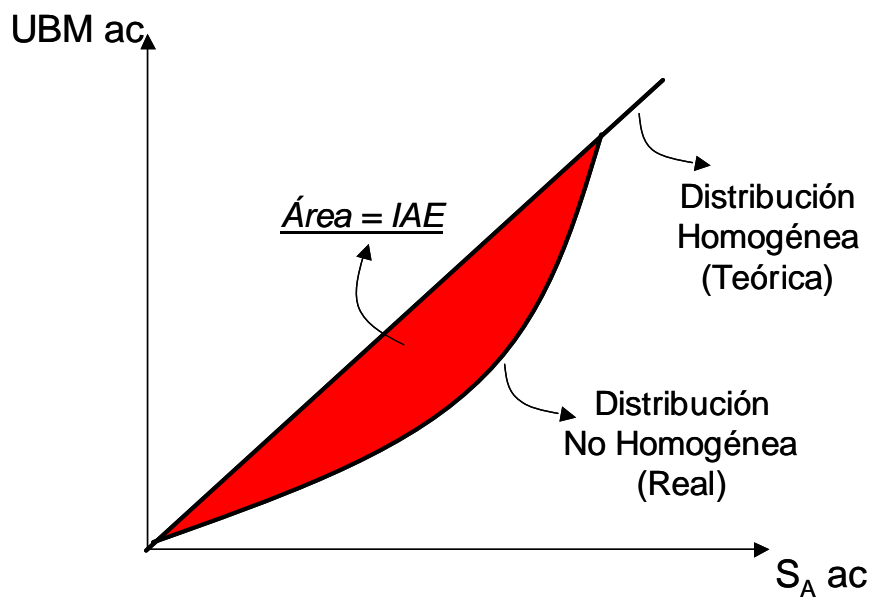


Figura 1. Esquema de la estimación del Índice de Agregación Espacial (IAE).

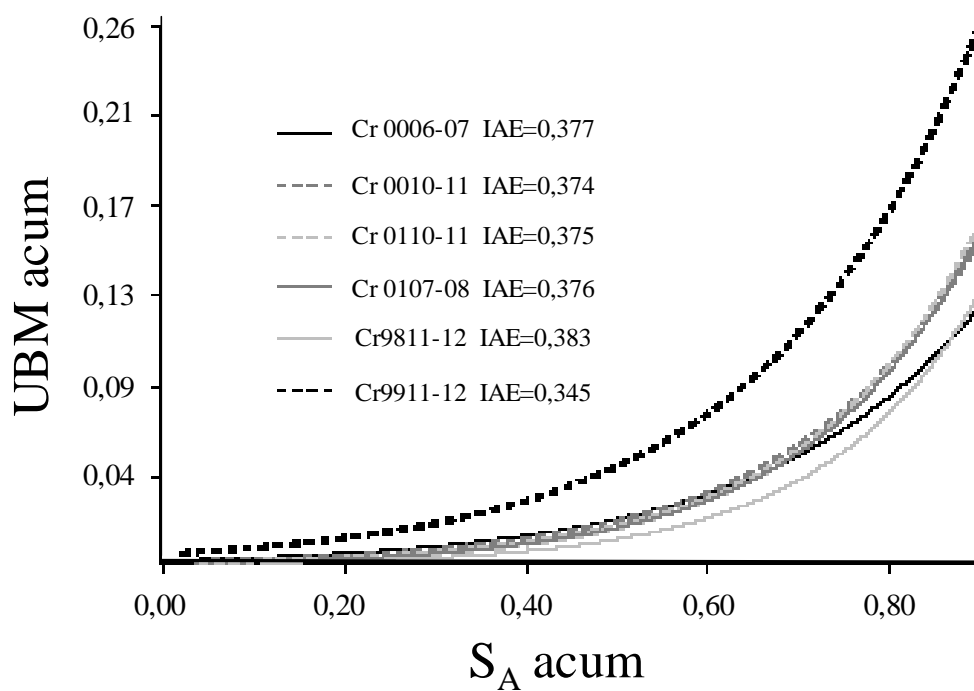


Figura 2. IAE por crucero de evaluación. Nótese que el área entre la bisectriz y la curva arrojada por el Cr. 9911-12 sería menor que la del resto de cruceros. La ocupación del espacio por parte de la anchoveta en este crucero sería más homogénea.

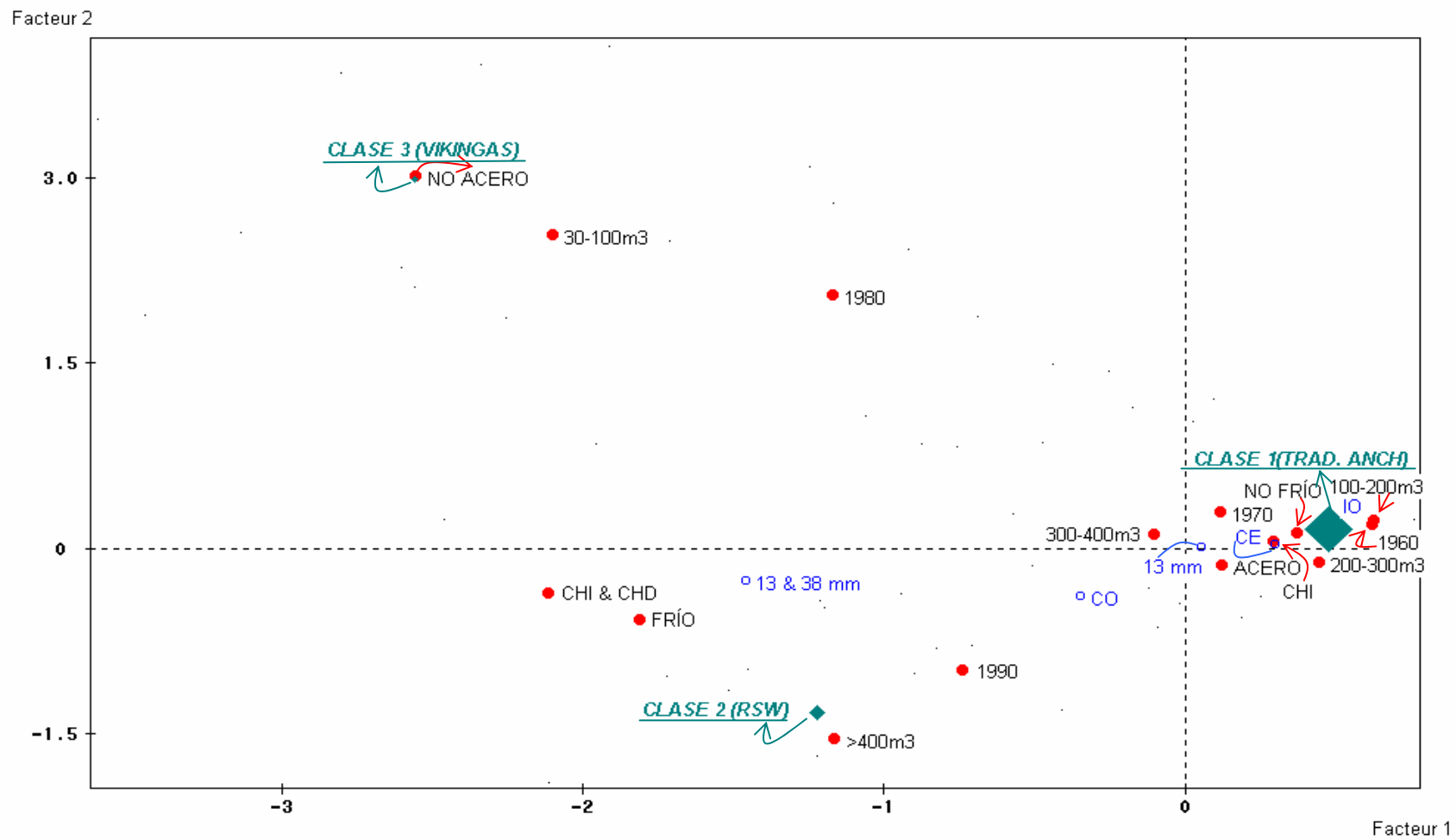


Figura 3. Plano factorial principal del ACM. Las tres clases identificadas y las variables significativamente asociadas a ellas fueron proyectadas sobre este plano. El tamaño del punto que indica el centro de gravedad de cada grupo es proporcional al número de individuos que contiene.

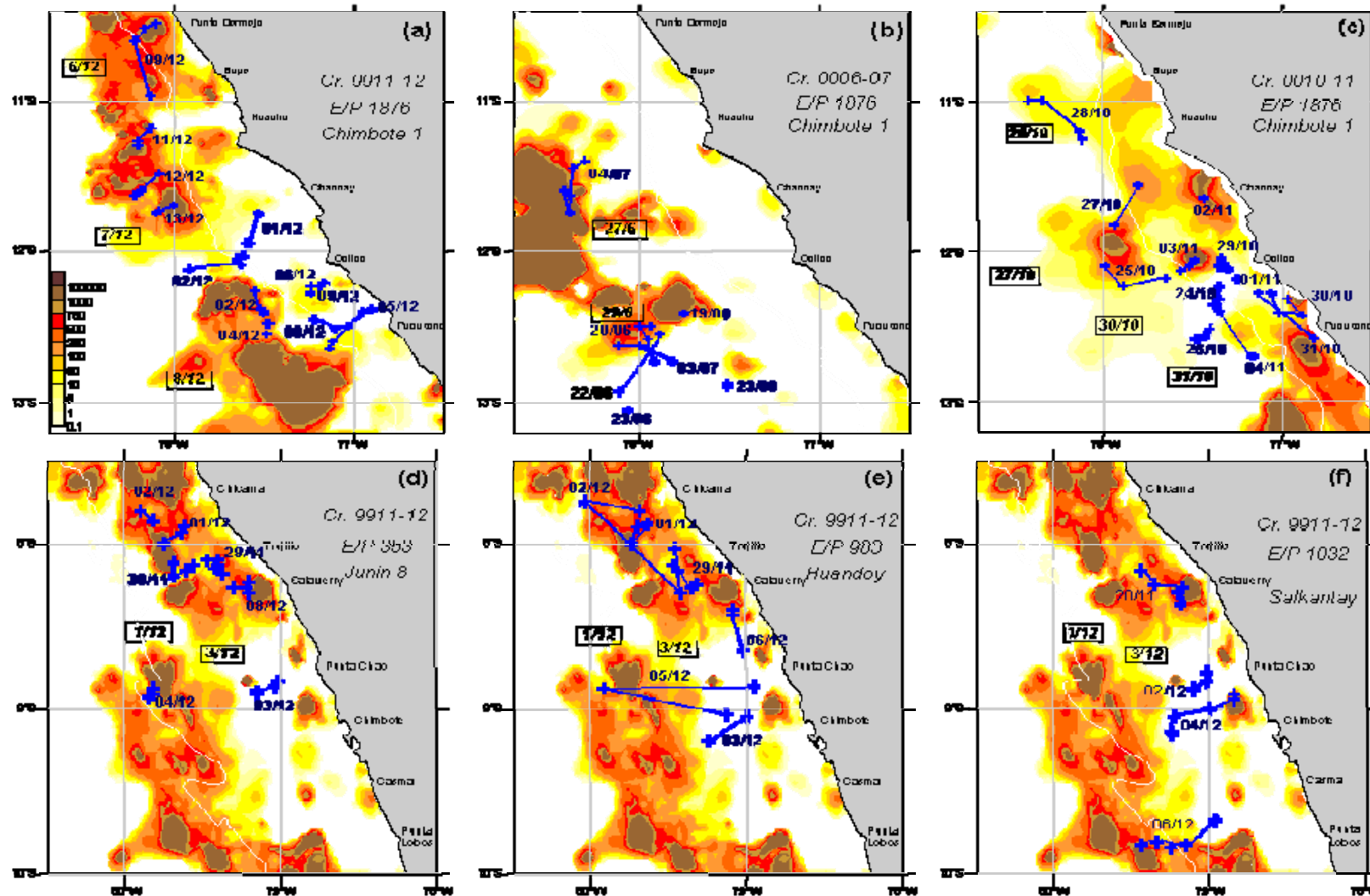


Figura 4. Posición de lances por embarcaciones sobre mapas de SA de anchoveta. Los puntos unidos por una línea corresponden a lances de un mismo viaje. Las fechas en recuadro corresponden al paso del crucero por esa zona. Las fechas sin recuadro a los lances de la flota. Nótese la concordancia en tiempo y espacio entre ambas fuentes de información.

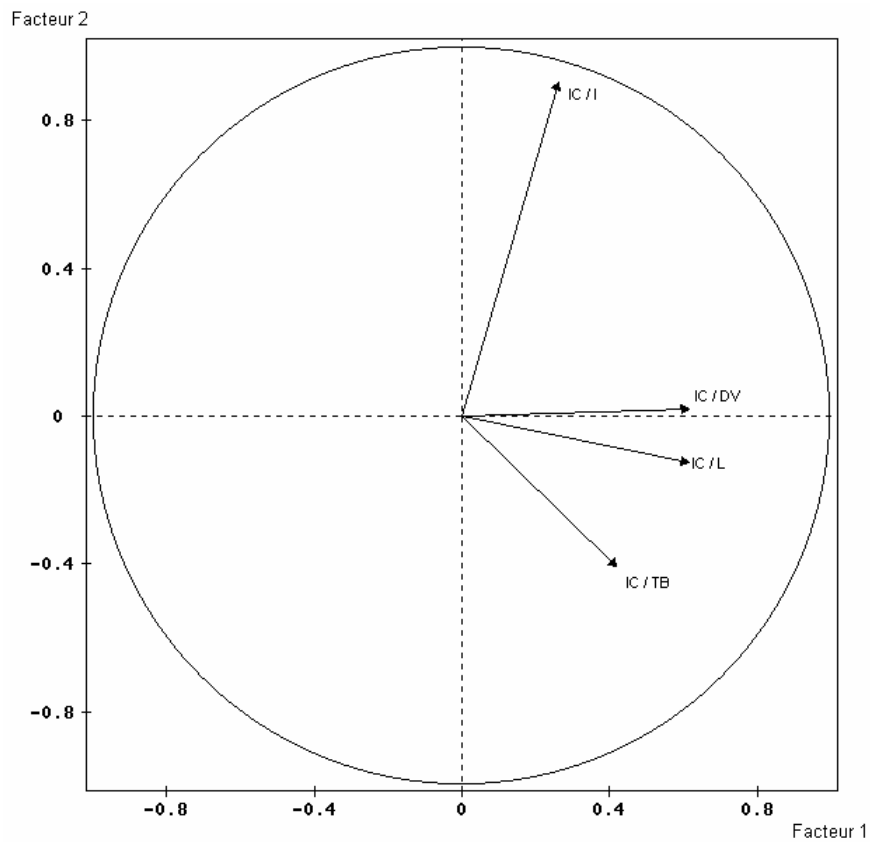


Figura 5. Plano factorial principal del ACP para identificar posibles relaciones entre el comportamiento de la flota y la configuración espacial de la anchoveta. Nótese que el factor 1 puede ser interpretado en función a la eficiencia general (IC/DV, IC/TB e IC/L) mientras que el factor 2 como la eficiencia en función a la cobertura espacial de la flota (IC/I).

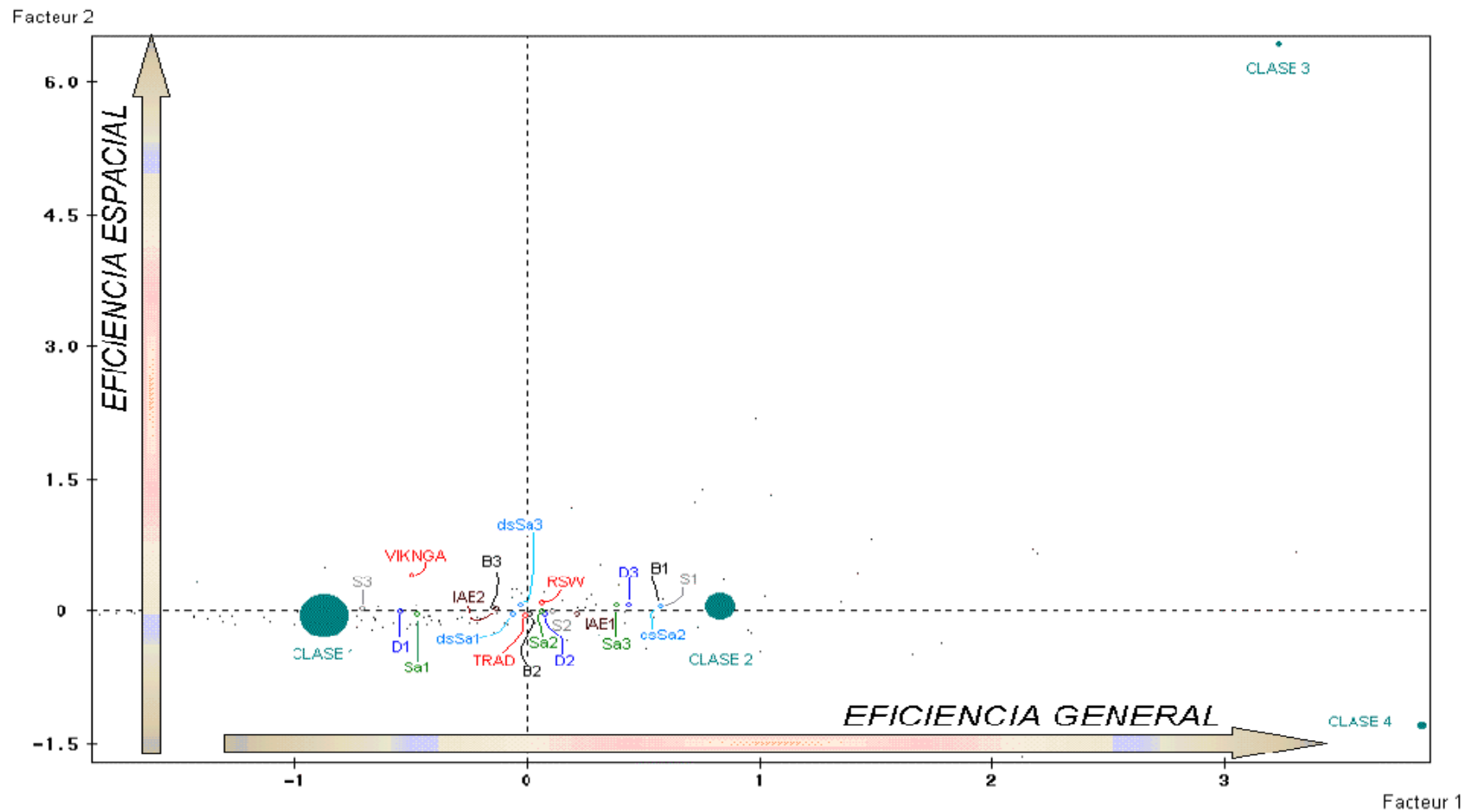


Figura 6. Plano factorial principal sobre el que se proyectó los tipos de viajes de pesca (clases) identificados por la clasificación jerárquica, los índices descriptores del recurso (B, S, D, sA+, dssA e IAE) y el tipo de embarcación como variables ilustrativas. El tamaño del centro de gravedad de cada clase es proporcional al número de individuos (viajes) contenidos en él.